المنظمة العربية للترجمة

كارل بوبر



منطق البحث العلمي

ترجمة وتقديم:

د. محمد البغدادي

بدعم من مؤسسة الفكر العربي

توزيع: مركز دراسات الوحدة العربية

GIFTS 2007

Dr./ Mohamed Baghdadi
France



منطق البحث العلمي

لجنة أصول المعرفة العلمية:

رشدي راشد (منسقاً)
بدوي المبسوط
حرية سيناصر
كريستيان هوزل
محمد البغدادي
نادر البزري

المنظمة العربية للترجمة

كارل بوبر

منطق البحث العلمي

الطبعة العاشرة

ترجمة وتقديم:
د. محمد البغدادي

بدعم من مؤسسة الفكر العربي

القسم الثاني:

لبنات في نظرية الخبرة

ملحقات

ملحقات جديدة



تصدير

[IV]

صدرت الطبعة الألمانية **لمنطق البحث** في خريف 1934 (تاريخ النشر 1935) من قبل الناشر يوليوس شبرينغر في فينا. وكان تحت العنوان في هذه الطبعة الأولى **حول نظرية المعرفة في العلوم الطبيعية الحديثة**. وسع الكتاب في الطبعة الألمانية الثانية (1966) بإدخال إضافات هامة على شكل هوامش وملحقات؛ وهي، بعد تنقيح طفيف، الإضافات التي كانت قد أدخلت في الطبعة الإنكليزية **منطق الاكتشاف العلمي** (نشر هوتشيسون 1959؛ الطبعة العاشرة المراجعة 1980؛ وبازيك بوك نيويورك 1959) وقد سمح المؤلف بترجمتها عن الإنكليزية للدكتور ليونارد فالينتيك (فينا). كبرت الطبعة الألمانية الثالثة 1969 ومعها عدد من الطبعات التي تلتها بإضافات وملحقات جديدة ونقّحت أيضاً من قبل المؤلف.

الطبعة 1. 1935 (دار نشر يوليوس شبرينغر، فينا).
الطبعة 2. 1966 موسعة (بملحقات جديدة I* إلى XII*).
الطبعة 3. 1969 موسعة (بإضافات جديدة).
الطبعة 4. 1971 منقّحة.
الطبعة 5. 1973 إعادة طبع الطبعة 4.
الطبعة 6. 1976 منقّحة.
الطبعة 7. 1982 منقّحة وزيادة ستة ملحقات (XIII* إلى XVIII*).
الطبعة 8. 1984 تنقيح جديد وتوسيع (الملحق XIX*).
الطبعة 9. 1989 منقّحة.
الطبعة 10. 1994 منقّحة وموسعة (الملحق XX*).

إعلام من التحرير

حررت الطبعة الثامنة **لمنطق البحث العلمي**، مثلها مثل الطبعة الثانية والطبعات التي تلتها، بحيث يستطيع القارئ الفصل بسهولة بين النص الأصلي والهوامش والملحقات للطبعة الأولى (1934) وبين الإضافات اللاحقة. لم يزد على نص الطبعة الأولى المتضمن هنا في الصفحات 33، و 63-327 إلا إضافات طفيفة وضعت إما بين قوسين معقوفين وإما على شكل هوامش أو على شكل *إضافة ( ) حيث وضعت السّنة بين قوسين.

وضعت كل الإضافات في الهوامش مسبوقة بـ *. وينطبق هذا على حد سواء على الهوامش الجديدة المرقمة بشكل مستقل وعلى الإضافات على الهوامش القديمة المحتفظة بترقيم الطبعة الأولى.

كما وضعت النجمة (*) على الملحقات الجديدة (I* إلى XII*) لتمييزها عن الملحقات الستة الأصلية (I إلى VI).

وقد تم تعديل ترقيم الفصول: كان الترقيم I وII (القسم الأول) وI إلى VIII (القسم الثاني) وأصبح الآن من I إلى X. أما ترقيم الفقرات من 1 إلى 85 فلم يطرأ عليه أي تعديل.

أصبح عدد التنقيحات الطارئة على نص 1934 (وإلى حد ما على النص المترجم عن الإنكليزية) محدوداً منذ الطبعة الثالثة. إلا أنه أشير في ما أشير إليه إلى أعمال جديدة للمؤلف وكتبت مقدمات جديدة وكذلك إضافات جديدة (ص 140، 164، 173، 300-301، 402، 427، 438، و513 من هذا الكتاب). تضمّنت الطبعة السابعة (1982) ـ كمادة جديدة ـ المقدمة والإضافات القصيرة وستة ملحقات جديدة XIII* ـ XVIII*. وتضمّنت الطبعة الثامنة مقدمة جديدة وإضافة جديدة (ص 387) وملحقاً جديداً XIX*. وتضمّنت الطبعة العاشرة أخيراً مقدمة جديدة وتنقيحات عديدة (خاصةً ص 398 وما يليها) وملحقاً جديداً XX*.

تنبيهات

- تُرجم هذا الكتاب عن الطبعة العاشرة والأخيرة باللغة الألمانية لكتاب بوبر الشهير، الذي عمل فيه حوالي الستين عاماً. هذه الترجمة ـ في حدود علمنا ـ هي الوحيدة الكاملة، ذلك أن الترجمة إلى اللغة الإنكليزية (فبراير 2002) لم تشمل الملحقات الثمانية الأخيرة، على سبيل المثال، كما أنها لم تشمل إضافات كثيرة في آخر الفصول وهوامش متعددة.
- يرى المترجم أنه لا داعي للثبت التعريفي لأن الكتاب فلسفي، منطقي، رياضي، يحتاج إلى معرفة كافية بكل تفرّعاته، ولأن وضع ثبت تعريفي سيكون صعباً وطويل القائمة، في آن واحد. لذا اكتفينا بوضع ثبت للمصطلحات يحمل، في بعض الحالات القليلة، تعريفاً مختصراً للمصطلح. هذا إضافةً إلى الفهرس الذي يحيل، في آخر الكتاب، إلى متن النص.
- تسهيلاً للعودة إلى النّص الألماني، أثبتنا ترقيم صفحاته على هامش النّص العربي. وهو ما يتيح المقارنة بين النّصين لمن أراد ذلك.
- ما ورد في النص بين قوسين متبوعين بحرف ميم ( )م هو توضيح من المترجم.



مقدمة المترجم

قرأ علميون كثيرون أياً كانت اختصاصاتهم في العلوم التجريبية لكارل بوبر وناقشوا نظرته للبحث العلمي، لمنطق هذا البحث وفلسفته ومنهجيّته. وكذلك تكاد لا تجد فيزيائياً نظرياً واحداً على وجه الخصوص لم يطّلع على كتابات بوبر، وعلى موقفه من الوضعيين، وعلى موقفه من المواضعاتيين خاصة وعلى رأسهم بوانكاريه، أو على مناقشاته لمشاكل الميكانيك الكمومي ولنظرية الاحتمالات الرياضية المرتبطة ارتباطاً وثيقاً بميكانيك الكم. ولقد كنت من بين هؤلاء الفيزيائيين النظريين الذين قرأوا بعض كتاباته قبل سنوات عديدة تمتد إلى عدة عقود. ثم جاء اقتراح المنظمة العربية للترجمة ترجمة هذا الكتاب في طبعته العاشرة والأخيرة، المنقّحة والمضافة الصادرة عام 1994، من الألمانية إلى العربية؛ وكلفتني مشكورةً بالقيام بهذا العمل الشاق والممتع في آنٍ. ذلك أنه بغض النظر عن حجم الكتاب الكبير بفصوله العشرة وهوامشها المتعددة، المعدّلة والموسّعة على مدى ما ينوف عن نصف قرن وبملحقاته التي ما فتئ يضيفها أو يعدل فيها وقد تجاوز الثمانين من العمر، فالكتاب مصوغ بلغات ثلاث إن صح التعبير، لغة الفلاسفة ولغة المناطقة ولغة العلوم البحتة وتحديداً اللغة الرياضية-الفيزيائية. مما لا شك فيه أن بوبر من أشد أنصار الوضوح والبساطة في التعبير والكتابة وأنه من ألد أعداء «التخصص» ولغة «المتخصّصين» الجوفاء؛ ثم إنه أبعد ما يكون عندما يناقش عن الجدال في المصطلحات لأنه يرى كما كان الفيلسوف كانط يرى من قبله أن منشأ النزاع في الأمور، والفلسفية على نحوٍ خاصٍ، ليس نزاعاً حول الكلمات. إلا أنه إذا كان من مقتضيات البساطة الابتعاد عن اللغة «المتخصصة» المولعة بأكثر الكلمات غرابةً وبعداً عن التداول فإن من مقتضيات الوضوح أيضاً اختيار الكلمات بحيث لا تحمل أكثر مما يراد لها أن تقول وبحيث لا يدعو استعمالها إلى أي لبس: فتفنيد نظرية مثلاً لا يعني تكذيبها، ودحضها لا يعني البرهان على زيفها؛

وقد حاول بعض خصوم فلسفته، في نظره، الخلط عن عمد بين هذه المفاهيم. كما أن علاقات عدم التحديد في الميكانيك الكمومي كما سمّاها واضعها هايزنبرغ أو عدم التعيين أو عدم الدقة كما تعني بالفعل، بل وعدم اليقين، وهي عبارات استعملت لعقود طويلة كمكافئة لعدم التحديد، لا تعني بأي حال «الارتياب» كما يحلو، مع الأسف الشديد، لبعض مدرسي الميكانيك الكمومي العرب تسميتها. لا نريد الإطالة في هذا الموضوع ولكننا نأمل أنّنا نجحنا في اختيار الكلمات الأكثر مواءمة للتعبير عن المفاهيم التي تعبر عنها نظيراتها في اللغة الألمانية.

ينطلق بوبر في بناء نظريته في المعرفة وفهمه البحث العلمي من كون النظريات العلمية، التجريبية وغير التجريبية منها على حد سواء، ليست سوى مجموعة من الفرضيات والتخمينات، يقع على عاتق التجربة، على الوقائع المادية والقضايا المنطقية فحصها وتمحيصها ومراقبتها معززة لها تارة في حال صمودها أمامها أو على العكس مفنّدة لها جزئياً أو كلياً تارة أخرى في حال دحضها من قبلها؛ ويقيم بذلك معياراً للحد الفاصل بين العلم والميتافيزياء التي لا تدحض. وهكذا لم تعد التجربة ومعها الإدراك الحسي والرصد مصدر المعرفة الأول والنقطة التي ينطلق منها العلم من الخاص إلى العام كما يرى منظّرو الاستقراء الذين يرجعون كلهم إلى أرسطو في نظره. يجابه بوبر الاستقراء منذ الفصل الأول في كتابه مجابهة لا هوادة فيها تكاد لا تنقطع في كل فقرة من فقرات الكتاب. فهو يرى بحق أن الاستقراء يجر معه تقهقراً لا نهاية له، أي سلسلة لا تنقطع من الأسئلة تثيرها الإجابات غير الشافية عن كل منها بدءاً بالسؤال الأول.

هذا يعني قبل كل شيء أن النظرية تبقى قائمةً حيةً طالما لم تنقض بعد فهي ليست أزلية ولا تحمل بالتالي في طياتها أي حقيقة مطلقة. إذ كيف يمكننا أن نتصور أن يبطل الغد ما كنا نعتبره حتى الأمس حقيقة مطلقة. وهكذا فليس في الفرضيات المعلنة أو الضمنية حقائق مطلقة أو أمور بديهية بحد ذاتها لا تحتاج إلى برهان يقبلها الجميع من دون نقاش: مسلمات، أو مصادرات كما يسميها عمر الخيام. يمكن قبول وتبرير هذه «البديهيّات» كما يمكن رفضها وبناء نظريات جديدة مبنيّة على نقيض هذه «البديهيّات». كما يمكن على نفس النحو قبول وتبرير مفاهيم مختلفة أو رفضها. يقول بوبر[1]: «ونحن إذ نقول إن النظرية وحدها وليست التجربة، إن الفكرة وحدها وليس الرصد، هي التي تدل التطور العلمي وتفتح له الطريق نحو معارف جديدة فإننا نقول أيضاً إن التجربة تحفظنا من السير على طريق

---

(1) انظر ص 288 من هذا الكتاب.

لا تثمر شيئاً وتساعدنا على ترك الخطوط غير السالكة وتشجعنا على أن نضع الكشف عن كل ما هو جديد نصب أعيننا».

إن تطور الرياضيات والهندسة خاصةً منذ مطلع الربع الثاني من القرن التاسع عشر والثورة الهائلة التي وقعت في الفيزياء في مطلع القرن العشرين هما اللذان دفعا بوبر من دون شك إلى اتخاذ هذا الموقف الواقعي من العلم والمتواضع في آن واحد، وهو موقف يرجعه إلى منشأ العقلانية عند سقراط التي يواجه بها أرسطو. قد يبدو هذا الموقف المتواضع المناقض لعلمياتية القرن التاسع عشر غريباً للوهلة الأولى نظراً للقفزة الهائلة التي لا نظير لها في تاريخ الإنسانية التي حقّقها العلم في القرن العشرين ـ ومعه التكنولوجيا الناتجة منه ـ ولكننا نرى على العكس أنها سبب هذا الموقف كما سنبيّن ذلك في الأمثلة التالية.

أقر الرياضيون بعد نشوء الهندسة اللاإقليدية في القرن التاسع عشر، هندسة لوباتشيفسكي أو ريمان أو بولياي، أن موضوعة الخطّين المتوازيين، مسلمة إقليدس الخامسة، أو أي موضوعة مكافئة لها مثل مجموع زوايا المثلث المساوي لـ 180 درجة أو عدم إمكان إسقاط أكثر من عمود واحد من نقطة ما واقعة خارج المستقيم على هذا المستقيم، ليست أمراً بديهياً واضحاً بذاته وأنه من الممكن إنشاء هندسات أخرى لا تقل اتساقاً عن الهندسة المنبسطة وتختلف اختلافاً كلياً عنها، تتخلى عن هذه المسلمة بأن تقبل إمكانية إسقاط أعمدة متعددة مثلاً أو عدم إمكانية إسقاط أي عمود. كتب لوباتشيفسكي في كتابه **العناصر الجديدة في الهندسة** (1835): «من المعروف أن نظرية المتوازيات في الهندسة ظلّت حتى أيامنا هذه غير تامة. وقد دفعتني الجهود غير المجدية المبذولة منذ ألفي عام، منذ عصر إقليدس، إلى الشك في أن المفاهيم نفسها لا تتضمن الحقيقة التي نريد إثباتها وأن هذه الحقيقة يمكن التحقق من صحتها كغيرها من قوانين الفيزياء بتجارب كالأرصاد الفلكية. ولما اقتنعت في النهاية بصحة تخميني ونظرت إلى المسألة وكأنّها قد حلت تماماً أعلنت حججي عام 1826». ورغم أن كثيرين من الذين عملوا في هذا المجال كانوا يحلمون على غرار لوباتشيفسكي ـ غاوس على سبيل المثال ـ بنظرية هندسية تنطبق على الفضاء الفيزيائي الذي نعيش فيه فإنّ تطبيق هذه الهندسة ـ والريمانية تحديداً ـ على الواقع الفيزيائي لم يتأتَّ إلا على يد آنشتاين في نظرية النسبية العامة عام 1916، بعد أكثر من سبعين عاماً على نشوء الهندسة الريمانية.

أما العلوم الطبيعية فقد بقيت طيلة القرن التاسع عشر، من وجهة النظر هذه، علوماً مضبوطةً، يقينيّةً، موثوقةً لا يزعزها شيء، وقوانينها معيّنة تماماً تعمل كلها

وفق منوال واحد هو منوال الميكانيك التقليدي لنيوتن. ومفاهيمها وموضوعاتها في الزمان والمكان بديهية لا مجال للنقاش فيها فالزمان كما يقول نيوتن معروف من الجميع ولا يحتاج إلى تعريف والفضاء المنبسط لا يقل وضوحاً عن الزمان الخ. ولعل أفضل ما يعرّف هذه النظرة العلمياتية ـ الميكانياتية المنتصرة هي جملة الرياضي ـ الفيزيائي بواسون الشهيرة «أعطوني الشروط البدائية وسأحدّد لكم مستقبل الكون». وذهب الأمر بأحد أشهر الفيزيائيين في أواخر القرن التاسع عشر إلى التنبّؤ بنهاية الفيزياء التي لم يبقَ أمامها إلا حل مشكلتين صغيرتين، إحداهما مشكلة إشعاع الجسم الأسود.

تغيّرت هذه الصورة تماماً في مطلع القرن العشرين مع ولادة فرضية «كم الطاقة» لبلانك وتحولها إلى نظرية فيزيائية-رياضية متّسقة بعد ربع قرن من ذلك. فقد تبيّن أن مفهوم المسار الذي يقوم عليه الميكانيك النيوتوني مستحيل في الفيزياء المجهرية: يكفي أن نتصور ذرة الهيدروجين الخاضعة إلى الميكانيك النيوتوني حيث على الإلكترون أن يدور حول النواة (البروتون) كما تدور الأرض حول الشمس. إلا أنّ الإلكترون المشحون كهربائياً (خلافاً للأرض متعادلة الشحنة) يتسارع ويتباطأ في دورانه الإهليجي حول البروتون حسب قوانين الميكانيك من جهة ويشع بسبب تغيّر سرعته حسب قوانين الكهرطيـــية من جهة أخرى. هذا يعني أنه سيفقد في كل دورة جزءاً من طاقته وسيقترب مداره من النواة وسيصطدم بها خلال فترة قصيرة في نهاية المطاف: أي أن ذرة الهيدروجين غير مستقرة حسب هذه الصورة وهو ما يتناقض تناقضاً تاماً مع الواقع؛ إذ إن ذرة الهيدروجين أكثر الذرات انتشاراً في الكون وأكثرها استقراراً.

يمكن اعتبار هذه المشكلة، وإن لم تكن الأمور قد جرت على هذا الشكل تاريخياً، منطلق النظرية الكمومية. يستتبع معرفة وضع وسرعة (أو عزم) الجسيم في لحظة ما، لا على التعيين، العلم التام بمسار هذا الجسيم أي أن الشروط البدائية (الوضع والعزم معاً في لحظة ما) ولنسمّها A هي التي تحدد المسار ولنسمه B ونكتب بالرمز $A \rightarrow B$؛ وكما يعرف كل مبتدئ في دراسة المنطق الصوري فإن بطلان B ولنرمز له بـ $\overline{B}$ (عدم وجود مسار محدد) يعني بطلان A أي استحالة تحديد الوضع والعزم معاً في لحظة ما $\overline{A}$ بحيث يمكننا أن نقول إن $(A \rightarrow B) \leftrightarrow (\overline{B} \rightarrow \overline{A})$. لا يقول كانط شيئاً آخر عندما يكتب في حديثه عن الاستنباط العاقل الذي يستخلص التالية من السبب أنه إذا أمكن استخلاص تالية واحدة باطلة من قضية ما فإنّ القضية باطلة. وهكذا وضع هايزنبرغ علاقاته في عدم التحديد بين الوضع والعزم (وبين كل مقدارين فيزيائيين مقترنين كالطاقة والزمن مثلاً) التي تضع

حدّاً أعلى لجداء دقة قياس المقدارين المقترنين، بحيث يعني كل قياس متناه في الدقة لأحدهما عدم التحديد الكلي للمقدار الآخر. ينتج من ذلك أن تبديل ترتيب قياس أزواج المقادير المقترنة أمر ذو أهمية بالغة في الميكانيك الكمومي خلافاً لما هو عليه الحال في الميكانيك التقليدي وأنه لم يعد بالإمكان التعبير عن هذه المقادير بدالاّت عددية وإنّما بمؤثرات ـ غير تبديلية ـ تأخذ في بعض الحالات، خلافاً للدالات العددية، قيماً منفصلة وتتنقّل بين هذه القيم بقفزات صغيرة «بكمات». هذا من جهة، ومن جهة أخرى فقد أصبح من اللازم وقد تخلينا عن مفهوم المسار وعن الدقة في القياس للوضع والعزم المرتبطة بهذا المفهوم تفسير الميكانيك الكمومي إحصائياً والقيام بتنبّؤات احتمالية صرفة لنتائج القياس[2].

عالج بوبر بإسهاب في الفصلين الثامن والتاسع نظرية الاحتمال وبعض مسائل الميكانيك الكمومي وأعاد جزءاً كبيراً من المشاكل الواقعة في تفهم الميكانيك الكمومي إلى عدم وجود نظمة موضوعاتية يبنى عليها حساب الاحتمالات بناءً جديداً وإلى عدم وضوح الرؤية في العلاقة بين الاحتمال والتجربة. كما أعطى للاحتمال تفسيراً موضوعياً يعتمد على التواتر النسبي رغم الصعوبات المنطقية التي تواجه هذا التفسير رافضاً التفسيرين الذاتي والمنطقي اللذين لهما الطابع النفساني.

ونعتقد أنّ على الرياضيين والفيزيائيين ـ النظريين منهم على الأقل ـ قراءة هذين الفصلين وقراءة الملحقات المتصلة بهما رغم أنهم قد لا يستسيغون بعض الإطالة في الشرح وبعض التكرار. إلا أنه من المهم فهم أن قانون الأعداد الكبيرة ليس أحد قوانين الطبيعة الأساسية الذي تعبّر عنه موضوعة تناهي متتالية التواترات النسبية (موضوعة القيمة الحدّية) وأن خضوع المتتاليات ذات الطابع العشوائي إلى قانون الأعداد الكبيرة ليس «واقعاً تجريبيّاً» وأن نظرية الاحتمال ليست بالتالي نظرية فيزيائية. إن هذا الواقع التجريبي المزعوم يعود إلى الطابع العشوائي للمتتاليات ليس إلا، أي إلى حريتها المطلقة من الفعل اللاحق.

---

(2) إن القياس تفاعل بين جهاز القياس الماكروي والشيء المجهري المقيس وتقع سيرورة القياس على مرحلتين يتم في المرحلة الأولى الانتقال من حالة نقية يعبر عنها مؤثر الكثافة $|\Psi><\Psi|$: إلى حالة مزيجة مؤثر الكثافة فيها $\sum_n |u_n\rangle p_n \langle u_n|$ حيث $<u_n|$ متجهات الموجة للمقدار المقيس (المؤثر A):

$A|u_n\rangle = a_n|u_n\rangle$ ؛ a_n القيمة الخاصة للمؤثر عندما تكون الحالة $<u_n|$ و $p_n(a_n)$ احتمال كل حالة من هذه الحالات. والمرحلة الثانية هي الانتقال اللاسببي من الحالة $<\Psi|$ إلى الحالة $<u_n|$ وهو ما يعرف باسم اختزال باقة الأمواج. تخضع الحالة قبل القياس إلى معادلة شرودينغر وهي معادلة تفاضليّة بحيث تحدد الحالة في كل لحظة بشكل مستمر نتيجة معرفتها في لحظة سابقة؛ وهذا ما نعبّر عنه بالقول إن الانتقال من حالة إلى حالة قبل القياس انتقال سببي.

لعبت التجارب الذهنية دوراً بارزاً في مناقشات مفاهيم الميكانيك الكمومي ولعل من أهمها تجربة آنشتاين وبودولسكي وروزن التي لم تكن ترمي إلى دحض علاقات عدم التحديد وإنما إلى دحض بعض تفسيراتها، وتحديداً إلى القول إن متجهة الحالة لا تشكل توصيفاً كاملاً. وقد جاءت تجربة بوبر الذهنية الخاطئة المعروضة في الفقرة 77 في هذا السياق. إلا أنها لم تحاول فقط تعيين مسار الجسيم بين قياسين، وهو أمر لا ينفيه هايزنبرغ ولكنه لا يعلق عليه أية أهمية ويعتبره مسألة تذوق ليس إلا، وإنما إلى الادعاء بإمكانية تعيين المسار قبل القياس الأول. لم يعد الآن لأغلب هذه التجارب إلا قيمة تاريخية. ولكن بوبر على حق عندما يقول إنّ الصورتين الموجية والجسيميّة ليستا متمّمتين الواحدة منهما للأخرى. ذلك أنه يمكن لهاتين الصورتين أن تتواضعا، كما في تجربة فتحتي يونغ، حيث يكف كل فوتون رصد مروره عبر إحدى الفتحتين عن الإسهام في سيرورة التداخل، ويبدأ شكل التداخل بالاضمحلال كلما ارتفعت حساسية الجهاز الكاشف لمرور الفوتونات عبر الفتحات وارتفع بالتالي عدد الفوتونات التي تسلك سلوكاً جسيمياً إلى أن يصبح سلوك كل الفوتونات جسيمياً ويختفي شكل التداخل كلياً عندئذ.

لقد أدى فشل القوانين التقليدية في تفسير توزيع الطاقة في التيرموديناميك وفي تفسير الأطياف إلى إدخال فرضية بلانك في كم الطاقة وإلى رفض مفهوم المسار ـ ومعه مفهوم القوى المرتبط به إلى حد بعيد ـ، وأدى فشل هذه القوانين، بفشل تجربة مايكلسون مورلي، في تحديد حركة الأرض بالنسبة للأثير أو على نحو أبسط حركة الأرض كجملة غاليلية بالنسبة للشمس إلى وضع مبادئ النسبيّة الخاصة التي ترفض مفهوم الزمن المطلق، الذي لا يعرفه نيوتن لأنّه معروف من الجميع، لتُحِل محله زمناً يرتبط بالمتحرك خاصاً به، جاعلة بذلك من الزمن متحولاً مثله مثل الإحداثيات المكانية ومن الفضاء الفيزيائي بالتالي فضاءً ذا أربعة أبعاد. وأضافت إلى الهيكلة فرضية جديدة تضع حداً أعلى لسرعة انتشار التفاعل هي سرعة الضوء c وقضت بذلك على الفرضية القديمة التي تقبل بالتفاعل الآني.

قامت الفيزياء التقليدية على ركيزتين هما قوانين نيوتن الميكانيكية من جهة والتحوّلات بين الجمل الغاليلية ـ المتحركة بعضها بالنسبة لبعض بسُرَع مستقيمة منتظمة من جهة أخرى. تبقى قوانين الميكانيك صامدةً إزاء هذه التحوّلات ـ المسمّاة تحوّلات غاليلية ـ أي أنها لا تتغير بالانتقال من جملة غاليليةٍ إلى أخرى. وهذا ما يعبّر عنه مبدأ النسبية الغاليلية الذي يقول باستحالة تعيين حركة جملة غاليلية ما بالنسبة لجملة أخرى بتجربة ميكانيكية. أما قوانين الكهرطيسية التي تجمع بين الكهرباء والمغناطيس والضوء ـ والتي لخصها ماكسويل بمعادلاته الأربعة

الشهيرة ـ فليست صامدة. ولذا فقد كان هدف تجربة مايكلسون مورلي تعيين حركة جملة غاليلية بالنسبة إلى أخرى بتجربة ضوئية ولكنها فشلت. كان من الممكن أن يعزى هذا الفشل إلى نظرية ماكسويل الكهرطيسية ـ غير الصامدة ـ وتعديلها خاصة أنّها كانت حديثة العهد آنذاك، أو أن يعزى إلى تحوّلات غاليلية واستبدالها بتحوّلات أخرى ـ تحوّلات لورانتس التي تدخل مفهوم الزمن النسبي وتعديل قوانين الميكانيك النيوتوني بحيث تصبح صامدة أمام هذه التحوّلات، وهذا ما حدث بالفعل. وأخيراً تعميم مبدأ النسبية الغاليلية ليصبح مبدأ النسبية الخاصة القائل باستحالة تعيين حركة جملة غاليلية بالنسبة لأخرى بأي تجربة فيزيائية، ميكانيكية كانت أو كهرطيسية. والخلاصة لنقل مستعملين عبارات بوبر، إن فشل تجربة مايكلسون مورلي قد عزز نظرية ماكسويل وفنّد نظرية نيوتن الميكانيكية.

لم تأتِ النسبية العامة، خلافاً للميكانيك الكمومي والنسبية الخاصة، من فشل النظريات السابقة في تفسير واقع فيزيائي ما وإنّما نتيجة تأمّلات صرفة واقتصر دور الرصد فيها على التحقق من حصة تنبّؤاتها(*). وبذا توّجت النسبية العامة النشاط النظري القائم على وضع الفرضيات والاستنباع المنطقي والرياضي منها ومقارنة هـذا الاستنباع بالواقع المادي. يقول آنشتاين: «يتضح لنا اليوم بجلاء كم كان كبيراً خطأ النظريين الذين يظنّون أنّ النظرية ناشئة عن التجربة.. وحتى نيوتن، ذلك الرجل العظيم لم يستطع أن يعصم نفسه عن هذا الخطأ... (ويضيف) لا يستطيع التفكير المنطقي وحده أن يؤدي إلى أي معرفة في العالم التجريبي. إنّ كل معرفة للواقع تبدأ بالتجربة وتنتهي بها فالتجربة وحدها هي التي تقرر الحقيقة ولكن الأساس الموضوعاتي للفيزياء لا يستخلص من التجربة».

لا شك في أن أهمية المبادئ، الموضوعات، الفرضيات ولنسمّها ما شئنا لم تكن خافية على العلماء التجريبيين المؤمنين بالاستقراء قبل القرن العشرين، فنيوتن، الذي قال قبل آنشتاين إن كل شيء يبدأ بالتجربة وينتهي بالتجربة، وضع عدداً كبيراً من الفرضيات تتعلق بالزمن والمكان (المطلقين) اللذين لا يحتاجان إلى تعريف، وبتجانس كل من هذين المفهومين وبتناحي المكان (بعدم تغير الواقع التجريبي بتغير الاتجاه) وكذا بالسوية (بعدم التفريق بين اليسار واليمين). ولكنه لا

(*) فالفضاء ذو الأبعاد الأربعة (الزمان ـ المكان) لم يعد منبسطاً وإنّما هو محدب ويتعين تحدبه المختلف من منطقة إلى أخرى بالكتل الواقعة في المنطقة، أي أنّ الانحناء في منطقة ما يعبر عن التثاقل فيها. لم يعد هذا الفضاء (الريماني) متجانساً خلافاً لما هو عليه الحال في الفضاء الإقليدي ذي الأبعاد الثلاثة في الفيزياء التقليدية أو الفضاء شبه الإقليدي ذي الأبعاد الأربعة في النسبية الخاصة.

يعترف في نقاشه مع لايبنيز وهو يغنز بالطابع القبلي لهذه المفاهيم أي بكونها في واقع الأمر ابتداعاً فكرياً صرفاً وتعني كلها وجود زمر تناظر ـ وهو مفهوم رياضي ـ معينة استبدلتها النظريات التالية بزمر تناظر زمانية ـ مكانية مختلفة. وهنا يقول آنشتاين أيضاً «إن المفاهيم الرياضية لا تستنتج من التجربة وإن كان من الممكن للتجربة أن توحي بها». ويضيف لتحديد العلاقة بين الرياضيات والفيزياء «بقدر ما تتعلق القضايا الرياضية بالواقع فهي ليست يقيناً وبقدر ما هي متيقنة فإنّها لا ترتبط بالواقع». ويعمم بوبر ذلك بقوله «بقدر ما ترتبط قضايا علم ما بالواقع فهي قابلة للتفنيد وبقدر ما هي غير قابلة للتفنيد فإنّها لا ترتبط بالواقع».

وهكذا يتضح لنا أن عهد الاستقراء وعهد العلم اليقين قد ولّى وأنّ علم القرن العشرين علم استنتاجي ينطلق من موضوعات وفرضيات ونظريات تضعها التجربة على المحك، وأنّه بالإضافة إلى فقدانه صفة الدقة والتعيين فهو علم تتطور فيه المفاهيم، يعدل بعضها ويلغي بعضها الآخر، لتحل محلها مفاهيم جديدة يبتدعها العقل العلمي مستوحياً الطبيعة التي قد لا تجيب عندما تسأل أو تجيب أجوبة غامضة كما يقول فايل. ولا يعني دحض النظريات السابقة المناقضة للنظريات الجديدة الاستغناء عنها فالفيزياء التقليدية تبقى سارية المفعول من أجل الأجسام الكبيرة (الماكروية) حيث قيم الطاقة كبيرة جداً بالنسبة لثابتة بلانك h ويبقى الميكانيك التقليدي الوحيد الممكن من أجل السُرَع الصغيرة جداً أمام السُرَع القريبة من سرعة الضوء c والهندسة الإقليدية تحل محل السطوح المنحنية (الكرة الأرضية) من أجل الأبعاد الصغيرة وهكذا تقبل كل نظرية جديدة النظرية القديمة كتقريب أولي لها.

من المعروف رياضياً أنه يستحيل البرهان على اتساق نظرية رياضية ما (مبرهنة غودل)؛ أما في الفيزياء فعدم الاتساق ظاهر للعيان. فالكهرطيسية مثلاً ـ وهي النظرية التي وحّد فيها ماكسويل القوى المغناطيسية والكهربائية، والتي ينظر إليها الفيزيائيون كنموذج يُحتذى، كمنوال لإنشاء نظريات الحقول ـ متناقضة: فهي تقبل بمفهوم الشحنة الكهربائية النقطية المؤدي إلى وجود طاقة لامتناهية وهو مفهوم ترفضه الفيزياء بطبيعة الحال. ولما كانت هذه النظرية تطبّق على الجسيمات المجهرية والسريعة في آنٍ واحد فقد أصبح من اللازم تطبيق الميكانيك الكمومي والنسبية الخاصة معاً في نظرية تجمع بينهما هي نظرية الحقول المكممة. توجد في هذه النظرية طريقة رياضية صارمة تعرف باسم إعادة المنظمة تسمح بالتّخلص من المقادير اللامنتهية. ولكن ديراك أحد أكبر مؤسسي نظرية الحقول ـ صاحب معادلات التفاعل بين الإلكترون والحقل الكهرطيسي ـ، كان يرى في كل هذه

الطريقة «ترقيعاً» غير مقبول داعياً إلى إدخال مفاهيم جديدة تخلّص النظرية من التناقض. تستجيب نظرية الأوتار الحالية التي تعطي بعداً للجسيم ليصبح وتراً عوضاً من نقطة لدعوة ديراك في حالة نجاحها.

لا يمكن للمرء في هذا السياق إلا أن يشعر بمزيج من الشفقة والأسى أمام محاولات بعض دعاة الدين، والمسلمين منهم على وجه الخصوص، إلباس الدين لباس العلم. وهي محاولات يائسة لأنّ الدين تعريفاً لا يخضع للفحص والتمحيص ولا يتحقّق منه ولا يمكن بالتالي تفنيده أو دحضه جزئياً أو كلياً، خلافاً للعلم. لا يعي هؤلاء الدعاة أنّهم في محاولتهم العلمياتية البائسة إحاطة الدين بهالة العلم التي هو في غنى عنها إنّما يهبطون بالدين إلى مستوى الفرضية ويرفعون عن أسسه طابع الحقيقة المطلقة وطابع الأزلية وهما مفهومان لا يمتّان إلى العلم بصلة.

ذكّرت في كتابي **العلم والمجتمع** (بالفرنسية عام 2000) بموقف ساخرٍ لابن خلدون في حديثه عن أنصار ما يعرف باسم الطب النبوي، وأشرت إلى «الفرق الجوهري بين العلم والدين، بين موضوعات نظرية علمية ما وأركان الدين. فالمبادئ كلها أو بعضها تنقض وتعارض وتبني نظرية جديدة تفسر الواقع على نحو أفضل من النظرية السابقة. ويعترف المجتمع بالجميل لمن قام بذلك ويعبر عن تقديره له بمختلف الأشكال. ولكنه يستحيل معارضة ركن من أركان الدين من غير الخروج عنه والتعرض إلى الاتهام بالكفر. ترى ماذا سيقول ابن خلدون إلى الذين يحاولون اليوم أن يجدوا في الإسلام منشأ كل النظريات الفيزيائية والرياضية مهما بلغ التعارض بين هذه النظريات؟ هل يعون أنّ محاولاتهم هذه لا تفيد العلم كما لا تخدم في أي حال من الأحوال الدين الذي يدّعون أنهم يريدون الدفاع عنه» ؟

وقلت في هذا الكتاب أيضاً متحدثاً عن دور الجامعة ما يلي «ويبدو لي أن العرض الذي قدمناه عن تطور العلوم الطبيعية في الفصل الأول يعلمنا أمرين على الأقل أولهما أنّنا لا نصل إلى أي شيء على نحو نهائي وقطعي، أنه لا وجود لحقيقة مطلقة وأن الفكر الميكانياتي المدعي يتنبّؤ مستقبل الكون قد زال من دون رجعة ـ وعلى زملائنا في العلوم الإنسانية التأمل بإمعان أكبر في هذا الواقع والتواضع في نقاشهم والتخلي عن الحجج القطعية... والأمر الثاني أنّه يمكن للأشياء أن تأخذ في آن مظاهر متعارضة وهو ما يحكم علينا بالمعرفة الجزئية ... مضيفاً ... أنّه لو طلب منا تكثيف مهمة الجامعة ومنهج العمل الجامعي بكلمة سر واحدة لقلنا «**الفكر النقاد**» ونحن نعتز بهذا الموقف عندما نرى بوبر يجعل من النقد، بالإضافة إلى كونه طريقة، مذهباً علمياً عاماً حيث يكتب في مقدمة الطبعة

الإنكليزية لعام 1959 «لقد كتبت» «نقاش عقلاني» و«نقاد» بالخط المائل لأنني أريد التأكيد على التساوي عندي بين الموقف العقلاني والموقف النقاد».

عنونت مقالة كتبتها للحديث عن مركز الفيزياء النظرية الذي أسسه عبد السلام في تريستا في كتاب نشر عام 1996 بـ **يجب أن نعلم وسنعلم** وهي جملة طلب هيلبرت رئيس مدرسة الرياضيات الألمانية مطلع القرن الماضي أن تُكتب على شاهدة قبره. يقول الفيلسوف بوبر وكأنه يريد أن يعطي المعنى الإنساني العميق لهذه الدعوى: «يمكن للإنسان أن يعلم ويمكن إذاً أن يكون حرّاً». ونحن نضيف بتواضع انطلاقاً من وضع عالمنا العربي الحالي أن الحرية شرط ضروري للإبداع، لنمو المعرفة وللعلم.

يقول الفيلسوف لايبنيز، مؤسس حساب التفاضل، الذي كان موسوعة بمفرده كما كان فريدريك الثاني يسميه، عام 1700: «لم يبدِ علماؤنا رغبةً قويةً لحماية اللغة الألمانية، بعضهم لأنّهم يظنّون فعلاً أنّه لا يمكن لباس الحكمة إلا بلباس لاتيني أو يوناني والبعض الآخر لأنّهم يخشون أن يكتشف العالم جهلهم الذي يخبّئونه الآن خلف قناع من الكلمات الكبيرة»، ويضيف، وهنا بيت القصيد، «لقد تُرِكَت الأمة بعيدة عن المعرفة».

تبذل المنظمة العربية للترجمة جهوداً قيمة تشكر عليها كي «لا تبقى الأمة بعيدة عن المعرفة». كما تشكر على اختيارها الموفق لـ**منطق البحث العلمي** الذي يعد بحق أحد أهم ما نشر في نظرية المعرفة خلال القرن الماضي إن لم يكن أهمها إطلاقاً. وإنّنا نأمل أن يجد فيه القرّاء العرب، الفلاسفة والعلميون وغير ذوي الاختصاص منهم، مادةً غنيةً وثمينةً تلهم تأمّلاتهم وتحفز وتغذي نقاشاتهم النقادة في نظرية المعرفة.

أود أيضاً شكر صديقي وزميلي في مختبر الفيزياء النظرية الأستاذ محمد المدرسي على قراءته لفصول الكتاب العشرة ومقارنة بعضها بالأصل الألماني وعلى ملاحظاته القيّمة؛ كما أود أخيراً التعبير عن شكري الجزيل للسيدة بشرى حسني، وكانت قد عملت معنا في المختبر، على الجهود التي بذلتها لفك رموز خطي ولطباعتها المخطوط كله متنقلة بين اللغة العربية والعلاقات الرياضية المعقدة بحروفها اللاتينية واليونانية ورموزها الأخرى، كل هذا بهدوء وصبر وخبرة تامة، رغم مشاغلها العديدة الأخرى. وأعترف أنّها في نظري الوحيدة التي تستطيع القيام بهذا العمل.

الرباط 16 نوفمبر/تشرين الثاني 2003

[XI]

الفرضيات شبكات من يرمي بها يجني ثمارها

نوفاليس(*)

إن أكثر ما يحتاج له رجل العلم هو تاريخ الاكتشاف ومنطقه. . . :
كيف نتحرى عن الخطأ، دور الفرضيات والتخيل ثم كيف نختبر

لورد أكتون(**)

(*) Novalis, *Dialogen und Monolog*, Dialogen 5, 1798.

(**) Lord Acton, *Acton Manuscripts* (Cambridge University Library), Add. MSS 5011:266.

مقدمة الطبعة الألمانية الأولى 1934

[XIII]

أما التلميح إلى . . . أنّ الإنسان في نهاية الأمر قد حل المشاكل المستعصية فإنّه لا يقدم للعارف أي عزاء لأن ما يخشاه هو ألا تكون الفلسفة قادرة أبداً على طرح مشكلة حقيقية.

شليك(*) (1930)

أما أنا فلي رأي مخالف كلياً وأدعي أنه إذا ما طال أمد النزاع حول أمر ما، وقبل كل شيء في الأمور الفلسفية فلا يكمن منشأ النزاع في الكلمات إطلاقاً وإنّما هو خصام حقيقي حول الأشياء.

كانط(**) (1786)

يمكن للبحث العلمي الانفرادي، الفيزيائي على سبيل المثال، أن يدخل من دون لفٍ أو دوران في معالجة المشكل الذي يعترضه إلى لب الموضوع فالأبواب مفتوحة أمامه على مصراعيها: مذهب علمي ووضع معترف به للمشاكل القائمة بصورة عامة. ولذا يمكن للباحث، إن أراد، أن يترك للقارئ أمر وضع ما قام به في إطاره العلمي الملائم.

يجد الفيلسوف نفسه في وضع متباين فهو ليس أمام مذهب وإنّما أمام حقل من الأنقاض (تختبئ فيه كنوز من دون شك، تنتظر من يكتشفها). وهو لا يستطيع الاعتماد على وضع معترف به للمشاكل القائمة والشيء الوحيد المعترف به على ما نظن هو عدم وجود وضع من هذا القبيل؛ ويذهب الأمر أبعد من ذلك إذ يطفو على

(*) Moritz Schlick, «Die Wende der Philosophie,» *Erkenntnis*, 1 (1930/31), p. 5.

(**) Immanuel Kant, *Einige Bemerkungen zu Ladwig Heinrich Jacob's Prüfung der Mendelssohn'schen Morgenstunden* (Berlin: Akademie Ausgabe, 1912), vol. VIII, p. 152.

الدوام على سطح الجدل الفلسفي التساؤل عما إذا كانت للفلسفة صلة ما بالمشاكل الحقيقية.

إنّ من يجيب عن هذا السؤال بالإيجاب، من لا يفقد الأمل في التغلب على الوضع المحزن المسمى بالمناقشة الفلسفية، من لا ينتمي إلى أي من المدارس المتصارعة لقادر على السير على الطريق الوحيدة الممكنة: البدء من البداية.

فينا، خريف 1934

مقدمة الطبعة الإنكليزية الأولى 1959

حاولت في مقدمتي القديمة عام 1934 شرح موقفي باختصار ـ ولعله كان بالغ الاختصار ـ من وضع المشاكل الفلسفية آنذاك وخاصة منها فلسفة اللغة ومن مدرسة التحليل اللغوي التي كانت قائمة. أود في هذه المقدمة الجديدة شرح موقفي إزاء الوضع الحالي وإزاء مدرستي التحليل اللغوي القائمتين الآن. كنت ولا أزال أؤمن بأهمية المحللين اللغويين لا كمعارضين فحسب وإنّما كحلفاء كذلك لأنّهم، على ما يبدو، الفلاسفة الوحيدون تقريباً الذين يحافظون على بعض التقاليد العقلانية في الفلسفة.

لا يعتقد المحلّلون اللغويون بوجود مشاكل فلسفية حقيقية ويرون أنّ مشاكل الفلسفة، إن وجدت، هي مشاكل استعمال الألفاظ أو مسائل معنى الكلمات. أما أنا فأعتقد بوجود مشكلة فلسفية واحدة على الأقل تهم كل ذي فكر وهي مشكلة الكوسمولوجيا: مشكلة فهم العالم ـ بما في ذلك فهم أنفسنا وفهم معرفتنا. وعلى هذا الأساس فكل علم في اعتقادي كوسمولوجيا، ولا تهتم الفلسفة، مثلها مثل العلوم الطبيعية، إلا في إسهامات هذا العلم في الكوسمولوجيا. وإذا ما تخلت الفلسفة والعلوم الطبيعية عن هذه المهمة فقد فقدت قدرتها على اجتذاب الناس إليها، بالنسبة لي على الأقل. وأنا إن كنت أقر أن فهم اللغة ووظائفها جزء لا يستهان به من هذه المهمة إلا أنّ مشاكلنا لا تقتصر على سوء التفاهم اللغوي ولا تقتصر مهمتنا على إزالته.

يعتبر المحلّلون اللغويون أنفسهم أنّهم من يطبق طريقة تتميز فيها الفلسفة أساساً. أظن أنّهم مخطئون لأن طرحي هو التالي:

يمكن للفلاسفة كغيرهم من البشر اختيار أي طريقة يرونها ملائمة لإيصالهم إلى الحقيقة التي يبحثون عنها. لا توجد أي طريقة تطبع الفلسفة أساساً.

وهناك طرح ثانٍ أود عرضه هنا هو:

أنّ المشكل المركزي في نظرية المعرفة (الإبيستمولوجيا) كان ولا يزال نمو المعرفة. ولكي نستطيع دراسة هذا النمو لا بد من دراسة نمو العلم. [XV]

ولا أعتقد أن من الممكن استبدال دراسة نمو العلم بدراسة الاستعمال اللغوي أو النظمات اللغوية.

كما أنني مستعد للاعتراف بوجود طريقة يمكن وصفها بالطريقة الفلسفية. إلا أنّ هذه الطريقة لا تطبع الفلسفة وحدها؛ إنّها بالأحرى طريقة كل نقاش عقلاني وهي بالتالي طريقة العلوم الطبيعية بقدر ما هي طريقة الفلسفة. وأعني بها الطريقة القائمة على صياغة المشكل بوضوح وبتفحص مختلف الحلول المقترحة تفحصاً نقّاداً.

لقد كتبت الكلمات «نقاش عقلاني» و«نقاد» بالخط المائل لأني أريد التأكيد على التساوي عندي بين الموقف العقلاني والموقف النقاد. لأنه يجب علينا كلما ظننّا أنّنا وجدنا حلاً لمشكل ما محاولة إطاحة هذا الحل عوضاً من الدفاع عنه. لكن كثيراً منا لا يعملون مع الأسف وفق هذه القاعدة. ومن حسن الحظ أنّ هناك من هو مستعد لمزاولة النقد عندما لا نقوم به بأنفسنا. ومع ذلك فلن يكون النقد مثمراً إلا إذا صغنا المشكل الذي يعترضنا بوضوح على قدر الإمكان ووضعنا حلنا له في شكله النهائي بقدر الإمكان، أي تحديداً في شكل يمكّن من مناقشته على نحو نقاد.

لا أنكر أنّه يمكن للطريقة المسمّاة بالتحليل المنطقي لعب دورها في هذه السيرورة الجامعة بين توضيح المشكل وتفحّصه النقاد، ولا أدّعي أبداً أنّ طرق التحليل المنطقي أو التحليل اللغوي عديمة الجدوى بالضرورة. وكل ما أقوله في طرحي إنها ليست الطرق الوحيدة، التي يمكن للفيلسوف استعمالها وإنها أبعد ما تكون عن ذلك؛ إنّها ليست سمة الفلسفة في أي حال من الأحوال: إنّها لا تطبع الفلسفة أكثر مما تطبع أي بحث علمي أو أي بحث عقلاني آخر.

قد يطرح السؤال هنا عن الطرق الأخرى التي يمكن للفيلسوف استعمالها. وجوابي عن ذلك أنّ هناك طرقاً عديدة جداً لا أنوي إحصاءها هنا فالأمر لدي سواء أن يستعمل الفيلسوف أو غيره هذه الطريقة أو تلك ما دامت المشكلة المطروحة مهمة وما دام يحاول حلّها بجد.

إلا أنّني أود الإشارة هنا إلى إحدى الطرق ـ من بين الطرق العديدة التي يختارها والتي يتوقف اختيارها على الدوام على المشكل المطروح بطبيعة الحال ـ إنها أحد أشكال الطريقة التاريخية الخارجة عن الموضة في الفلسفة المعاصرة. إنّها تقوم بكل بساطة على محاولة البحث عن تأملات الآخرين وأقوالهم حول المشكل [XVI] المطروح: كيف اعترضهم وكيف صاغوه وكيف حاولوا حله. يبدو هذا لي كخطوة أساسية في الطريقة العامة للمناقشة العقلانية. لأنّنا إذا كنا نجهل تفكير الآخرين، المعاصرين ومن سبقهم، فمعنى ذلك توقف المناقشة العقلانية واكتفاء كل منا بالحديث إلى نفسه. ويفتخر بعض الفلاسفة بمحادثاتهم الذاتية، لاعتقادهم على ما يبدو بعدم وجود من يستحق التحاور معه. إلا أنّه من الممكن كذلك النظر إلى هذا المستوى العالي من التفلسف كأحد أعراض تهافت النقاش العقلاني. ما من شك في أنّ الإله لا يخاطب إلا ذاته على الأغلب لعدم وجود من يستحق التحاور معه. إلا أنّه على الفيلسوف أن يعلم أن ليس فيه ما يؤلهه أكثر مما في سواه من الناس.

يقوم الرأي الواسع الانتشار، والذي يعتبر الطريقة المسمّاة بالتحليل اللغوي طريقة الفلسفة التحقيقية، على أسس تاريخية مختلفة جديرة بالاهتمام.

أحد هذه الأسس هو الاعتقاد المحق أنّ حل المفارقات المنطقية أو تجنبها يعتمد على طريقة التحليل اللغوي، مثل مفارقة الكذّاب مثلاً («إن ما أقوله الآن غير صحيح») أو مفارقة روسيل، أو مفارقة ريتشارد أو غيرهما. تفرّق هذه الطريقة على وجه الخصوص بين التعابير ذات المدلول (أو المصوغة على نحو جيد) والتعابير غير ذات المدلول. إلا أنّ هذا الاعتقاد المحق مقترن باعتقاد خاطئ مفاده أنّ المشاكل التقليدية في الفلسفة مكونة من محاولات حل المفارقات الفلسفية التي تماثل بنيتها بنية المفارقات المنطقية. ولهذا يحتل التمييز بين التعابير ذات المدلول وغير ذات المدلول بالضرورة مركزاً هاماً في الفلسفة. يمكن أن نبيّن بسهولة أن هذا الاعتقاد خاطئ وذلك بواسطة التحليل المنطقي بالذات. فهو يبيّن أن نوعاً من الانعكاسية ـ أو مرجعية التعبير إلى ذاته ـ تتميز به كل المفارقات المنطقية ويغيب عن كل ما يسمّى بالمفارقات الفلسفية بما في ذلك تناقض قوانين العقل (النقائض) عند كانط.

أما الأساس الحقيقي لتمجيد طريقة التحليل اللغوي من قبل أطراف عديدة فهو على ما يبدو ما يلي: إنّه الشعور بضرورة استبدال التحليل النفساني لأفكارنا ولمنشئها في أحاسيسنا ـ وهي الطريقة التي سماها لوك «طريقة الأفكار الجديدة»

والتي أخذها عنه بيركلي (Berkeley) وهيوم (Hume) ـ بطريقة أكثر موضوعية وأقل وراثية. فقد ساد الشعور للتخلص من هذا التحليل النفسي أو التحليل النفسي [XVII] الزائف بضرورة تحليل الكلمات ومعانيها وطرق استعمالها عوضاً من تحليل الأفكار والمفاهيم؛ بضرورة تحليل المنطوقات والقضايا عوضاً من تحليل التأملات والمعتقدات والأحكام. وإني على أتم الاستعداد للاعتراف أن استبدال طريقة الأفكار لدى لوك بطريقة الكلمات (التحليل اللغوي) تقدم كبير نحن في أمس الحاجة إليه.

يمكننا أن نفهم أنّ من كرّس يوماً ما «طريقة الأفكار»، طريقة الفلسفة الوحيدة، قادر، بناءً على الأسس التي أوردناها، على تغيير رأيه وعلى تكريس طريقة الكلمات طريقة الفلسفة الوحيدة. إلا أن هذا أمر لا يمكن قبوله في رأيي. وسأبدي ملاحظتين منتقدتين فقط. أولهما أنّ طريقة الأفكار إذا كانت قد قُبلت يوماً ما كطريقة الفلسفة الرئيسية (كما حدث في إنكلترا) فإنّها لم تقبل إطلاقاً على أنّها الطريقة الصحيحة الوحيدة. وحتى لوك لم يكن يبغي منها سوى المساعدة على حل بعض المسائل التمهيدية (الممهدة لعلم الأخلاق). أما بيركلي فقد استعملها أساساً كما استعملها هيوم أيضاً كسلاح لمحاربة خصومه. ولم يطبقا هذه الطريقة أبداً في تفسيرهما للعالم ـ عالم الأشياء والبشر ـ وفي سعيهما الحثيث لتصويره لنا وتعريفنا به. لم يستعملها بيركلي لبناء نظرته الدينية، أما هيوم وإن كان قد استعملها لتأسيس الحتمية عنده عليها فلم يستعملها هو أيضاً في نظريّاته السياسية.

ولكن أخطر ما آخذه على الرأي القائل إن الطريقة المميزة لنظرية المعرفة ـ إن لم نقل للفلسفة ككل ـ هي طريقة الأفكار أو طريقة الكلمات هو ما يلي:

يمكن أخذ مشكل نظرية المعرفة بالاعتبار من وجهتي نظر مختلفتين: 1. كمشكل المعرفة الاعتيادية كما يفهمها المرء سليم الفكر (الفطرة السليمة Common sense) أو 2. كمشكل المعرفة العلمية. يحق للفلاسفة الذين ينتمون إلى وجهة النظر الأولى أن يروا في المعرفة العلمية مجرد تطوير وتوسيع لمعرفتنا الاعتيادية. ولكنهم يعتقدون كذلك ـ وهم ليسوا على حق هنا ـ أنّ هذه المعرفة أسهل منالاً في التحليل المنطقي من المعرفة العلمية. ويخلصون إلى ضرورة تبديل طريقة الأفكار بتحليل لغة المحادثة المألوفة اليومية (اللغة اليومية) وهي اللغة التي نصوغ فيها ببساطة معرفتنا الاعتيادية. ولهذا فهم يستبدلون على سبيل المثال تحليل الرؤيا والإدراكات الحسية والعلم والمعتقدات بتحليل التعابير «أرى»، «أدرك»، [XVIII] «أعلم»، «أعتقد»، «أعتبره صحيحاً» أو «محتملاً» أو بتحليل كلمة «لعل».

أود أن أجيب على مؤيدي هذا الإدراك لنظرية المعرفة بقول ما يلي: إني أعتقد أنا أيضاً أن المعرفة العلمية هي ببساطة تطوير للمعرفة الاعتيادية إلا أنه يبدو لي رغم ذلك جلياً أنّ أهم مشاكل نظرية المعرفة وأكثرها إثارةً ستبقى محجوبة عن أعين الذين يحصرون نشاطهم في تحليل المعرفة الاعتيادية أو تحليل صياغتها في اللغة اليومية.

ويكفيني ذكر المثل الهام والمثير التالي: مشكل نمو معرفتنا. لا يحتاج المرء أن يفكر طويلاً ليرى أن جل المشاكل المرتبطة بنمو المعرفة تتجاوز بالضرورة الدراسات التي تقتصر على المعرفة الاعتيادية مقارنة بالمعرفة العلمية.

ذلك أنّ الكيفية الأساسية التي تنمو وتتطور المعرفة الاعتيادية وفقها إنّما هي بتحولها إلى معرفة علمية. ثم إنه واضح، إضافة إلى ذلك، أن نمو المعرفة العلمية هو أهم حالات نمو معرفتنا وأكثرها إثارة.

ويجب أن نبقي نصب أعيننا، في هذا السياق، الصلات الوثيقة التي تربط كل مشاكل نظرية المعرفة التقليدية تقريباً بمشكل نمو معرفتنا. وأود أن أضيف القول إنّ الأمل ما فتئ يحدو العاملين في نظرية المعرفة أنها لن تقف عند حد مساعدتنا على زيادة معرفتنا عن العلم وإنّما ستسرع كذلك في تقدمه ويصح هذا بدءاً من أفلاطون (Platon) إلى ديكارت (Descartes)، فلايبنيز (Leibniz)، فكانط (Kant)، فدوهيم (Duhem) وبوانكاريه (Poincaré)، ومن بيكون (Bacon) إلى هوبس (Hobss)، فلوك (Locke)، وأخيراً إلى هيوم (Hume)، فميل (Mill) وروسيل (Russell). بيركلي هو الوحيد على علمي من بين كبار منظري نظرية المعرفة الذي لا يصح عليه ذلك. لقد فقد أغلب الفلاسفة، الذين يعتقدون أنّ الطريقة الوحيدة الهامة في الفلسفة هي التحليل اللغوي على ما يبدو هذا التفاؤل الذي يستحق الإعجاب والذي كان يلهم العقلانية التقليدية. وأصبح موقفهم اليوم موقف استسلام وخنوع إن لم يكن موقف يأس تام. فهم لا يكتفون بالتخلي عن التقدم العلمي وتركه لعلماء الطبيعة ولكنهم يعرّفون الفلسفة بحيث تصبح غير مؤهلة تعريفاً للإسهام في معرفتنا للعالم. لا يلقى تقطيع الأوصال الذاتي الذي يفرضه هذا التعريف المحبوب إلى حد مدهش أي ترحيب عندي. لا يوجد شيء يمكن أن نطلق عليه اسم جوهر الفلسفة يمكن تكثيفه ومن ثم تقطيره في تعريفها. لا يمكن لتعريف [XIX] كلمة «الفلسفة» إلا أن يأخذ طابعاً اتّفاقياً، متواضعاً عليه. وأنا أرى أن لا خير على الإطلاق في اقتراح اعتباطي يعرّف الفلسفة بشكل يمنع فيلسوفاً بصفته فيلسوفاً من الإسهام بنصيبه في مجال معرفتنا للعالم.

والمفارقة الأخرى أنّ هؤلاء الفلاسفة الذين يؤكّدون بكبرياء المحترفين من جهة أنّ اختصاصهم هو دراسة اللغة اليومية هم الذين يعتقدون من جهة ثانية أن لهم بالكوسمولوجيا من الدراية ما يكفي للادعاء بأن البَوْن شاسع بين الكوسمولوجيا والفلسفة بحيث لا يمكن لهذه الأخيرة الإسهام أياً كان في الكوسمولوجيا. وهم مخطئون كلياً في هذا الطرح لأن ما من أحد ينكر الأهمية الكبرى للدور الذي لعبته الأفكار الميتافيزيائية ـ وبالتالي الفلسفية ـ في التطور التاريخي للكوسمولوجيا. لقد رسمت الميتافيزياء الطريق من تاليس (Thales) إلى آنشتاين (Einstein)، ومن الذريين اليونان إلى تصورات ديكارت للمادة. ومن تصورات كَيلبرت (Gilbert)، ونيوتن (Newton)، ولايبنيز وبوسكوفيك للقوة إلى تصورات فاراداي (Faraday) وآنشتاين لحقول القوى.

هذه هي الأسس التي بنيت عليها طرحي القائل إن وجهة النظر الأولى المشار إليها أعلاه ـ ممارسة نظرية المعرفة كتحليل للغة اليومية ـ ضيقة جداً وأنها تؤدي بالضرورة إلى المرور بأكثر القضايا إثارة من غير أن تراها.

ولكن هذا لا يعني أنّي متّفق بأي حال من الأحوال مع الفلاسفة الآخرين المؤيّدين لوجهة النظر الثانية المشار إليها أعلاه ـ والتي تقضي بممارسة نظرية المعرفة كتحليل لنظرية المعرفة العلمية. ولتوضيح النقاط التي أتّفق فيها مع وجهة النظر هذه والنقاط التي أختلف فيها معها فإني سأقسّم الفلاسفة المؤيدين لها إلى زمرتين ولنسمهما الرعية السوداء والرعية البيضاء.

تتألف الزمرة الأولى من الذين يهدفون إلى دراسة «لغة العلم» وتقوم طريقتهم الفلسفية المفضلة على إنشاء مناويل لغة اصطناعية (لغة موضوعة على شكل صوري). ويعتبرون هذه المناويل «لغة العلم».

ولا تتقيد الزمرة الثانية بدراسة لغة العلم أو بدراسة أي لغة أخرى، وليس لها طريقة فلسفية مفضلة. ويتفلسف أعضاؤها بطرق مختلفة لاختلاف المشاكل العديدة التي يأملون بحلها. ويرحبون بكلِ طريقة واعدة بالمساعدة على توضيح رؤياهم للمشكل أو على حله ولو كان حلاً مؤقتاً. [XX]

سأبدأ بالتحدث عن الزمرة التي تقوم طريقتها المفضلة على إنشاء مناويل اصطناعية للغة العلم. انطلقت هذه المناويل تاريخياً من «طريقة الأفكار» للوك أيضاً. واستبدلت أيضاً الطريقة الفلسفية (الكاذبة) لطريقة الأفكار القديمة بالتحليل اللغوي. إلا أنّها فضّلت اختيار لغة العلم موضوعاً لتحليلها اللغوي عوضاً من اللغة اليومية (لعل ذلك يعود إلى انبهارها بمثل أعلى للعلم «المضبوط»، «الدقيق»،

«الموضوع على شكل صوري»). ولسوء الحظ لا يوجد شيء اسمه لغة العلم ولذا وجب عليها إنشاء هذه اللغة. ويبدو هذا الإنشاء من الصعوبة بمكان من وجهة النظر العملية: إنشاء منوال بالأبعاد الطبيعية، إذا صح التعبير، يعمل فعلياً ـ نستطيع بواسطته ممارسة علم حقيقي كالفيزياء مثلاً. ولهذا نجدها قد توجّهت إلى إنشاء مناويل مصغّرة جدّاً غاية في التعقيد مؤلفة من نظمات كبيرة من مناويل مسلية.

تسير هذه الزمرة في رأيي على أسوأ الطرق وتبتعد بإنشائها لمناويل لغوية مصغرة عن أكثر مشاكل نظرية المعرفة إثارةً وهي المشاكل المرتبطة بتقدم معرفتنا. ذلك أن تعقد المنوال اللغوي لا يرتبط إطلاقاً بفعّاليته نظراً لأننا لا نكاد نجد نظرية علمية مهمة واحدة يمكن صياغتها في نظم اللعب المعقدة هذه. لا تعلمنا هذه المناويل شيئاً يستحق تعلمه سواء تعلق الأمر بنمو المعرفة أو بنمو سلامة الفكر عند الناس.

وليس لهذه المناويل لما يسمى باللغة العلمية في واقع الأمر أي صلة بلغة العلم الحديث. يمكن التحقق من ذلك بالنظر إلى الملاحظات الثلاث التالية المتعلقة بالمناويل اللغوية الثلاثة الأكثر شهرة[1]. لا يملك المنوال الأول أي وسيلة للتعبير عن التطابق. ولا يستطيع بالتالي التعبير عن المساواة ولا يتضمن نتيجة لذلك حتى أبسط الصيغ الحسابية. يصلح المنوال اللغوي في حالة واحدة عندما نتجنب إدخال وسائل التعبير التي تسمح بالبرهان على بعض مبرهنات الحساب المعروفة ـ على سبيل المثال قضية إقليدس التي تنفي وجود أكبر عدد أولي ـ أو المبدأ الذي يعطي لكل عدد عدداً أكبر منه. وكذا أمر منوال اللغة الثالث وهو أكثر المناويل تفصيلاً وأشهرها، تنقصه الوسائل لصياغة الرياضيات، والأمر [XXI] الأكثر إثارة أنه لا يستطيع الكلام عن الخواص القابلة للقياس. وبناءً على هذه الأســـس وأسس كثيرة أخرى فإنّ المناويل اللغوية الثلاثة فقيرة إلى حدٍ يجعلها عديمة النفع في أي علم. وهي، بطبيعة الحال وبشكل أساسي، أفقر من اللغات اليومية بما فيها أكثرها بدائية.

لقد فُرضت القيود المشار إليها هنا على المناويل اللغوية من قبل واضعيها لأنّهم وبكل بساطة لا يستطيعون بدونها الوصول إلى أي نتيجة من النتائج الهزيلة إلى حد ما التي وضعها هؤلاء الفلاسفة هدفاً لهم. يمكن البرهان على ذلك بسهولة

---

(1) أستعرض هذه اللغات الثلاث في الهامشين رقمي (13) و(15) للملحق السابع*، والهامش رقم (2*) للفقرة 38 من هذا الكتاب.

(وقد برهن بعض هؤلاء الفلاسفة أنفسهم على ذلك جزئياً). ومع ذلك يبدو أنّهم يدّعون كلهم ادعاءً مزدوجاً: أ) إن طرقهم في وضع يسمح لها حل مشاكل نظرية العلم بشكل أو بآخر أو بتعبير آخر إنها قابلة للتطبيق على العلم (بينما لا تقبل التطبيق في واقع الأمر إلا على مناقشات من النوع البدائي إلى أقصى حد: وب) إن طرقهم مضبوطة أو دقيقة. وواضح أن هذين الادعاءين غير قابلين للدعم في آن واحد.

لا يمكن لطريقة إنشاء مناويل اصطناعية للغة حل مشاكل نمو معرفتنا؛ أضف إلى ذلك أنّها أقل تأهيلاً لذلك من طريقة تحليل اللغة الاعتيادية لأنّ هذه المناويل اللغوية أفقر من اللغة الاعتيادية. ونظراً لفقرها فإنها لا تنتج بطبيعة الحال إلا أشد المناويل فظاظةً وأكثرها تضليلاً لنمو معرفتنا ـ مناويل النمو المستمر لأكمة قضايا الرصد.

وأصل الآن إلى الزمرة الأخيرة من منظري نظرية المعرفة، إلى الذين لا يتقيّدون مسبقاً بطريقة فلسفية معينة والذين يطورون نظرياتهم بارتباط وثيق مع المشاكل والنظريات والطرق الإجرائية العلمية والذين يستعملون تحليل المناقشات العلمية كأحد أهم المصادر عندهم إن لم يكن أهمها. ويمكن لهذه الزمرة أن تعد الغالبية الساحقة من الفلاسفة الغربيين الكبار أسلافاً لها. (يمكنها أن تعد بيركلي نفسه من الأسلاف رغم أنه كان عدواً للمعرفة العلمية العقلانية وكان يخشى تقدمها). ومن أهم ممثلي هذه الزمرة في القرنين الماضيين كانط، وفيفل (Whewell)، وميل، وبيرس (Peirce)، ودوهيم، وبوانكاريه، ومايرسون (Meyerson)، وروسيل وأخيراً وايت هيد (Whitehead) ـ على الأقل في بعض مراحل حياته. قد يتفق أغلب أعضاء هذه الزمرة مع الدعوى القائلة إنّ معرفتنا العلمية قد تولدت من معرفتنا اليومية. إلا أنّهم أجمعوا على القول إنّ دراسة [XXII] المعرفة العلمية أسهل بكثير من دراسة المعرفة اليومية. لأنه يمكن القول إنّ المعرفة العلمية تتيح لنا بشكل ما دراسة المعرفة اليومية بوضعها تحت بلورة مكبرة بحيث يمكننا النظر إلى المعرفة العلمية كصورة مكبرة للمعرفة اليومية. يمكن على سبيل المثال استبدال مشكل هيوم «بالاعتقاد العاقل»، بمشكل الأسس التي يبنى عليها قبول أو رفض النظريات العلمية. ولما كان لدينا تقارير مفصلة عديدة عن المناقشات العلمية التي أدت إلى قبول أو رفض النظريات العلمية، كنظريات نيوتن، وماكسويل (Maxwell) أو آنشتاين فبمقدورنا استعمال إحدى هذه المناقشات وكأنها مجهر يسمح لنا بشكل موضوعي ومفصل دراسة بعض أهم «مشاكل الاعتقاد العاقل».

تتيح لنا مقاربة مشكل نظرية المعرفة على هذا النحو (مثلها مثل الطريقتين الأخريين سابقتي الذكر) التخلص من طريقة الأفكار النفسانية الكاذبة أو الذاتية (وهي الطريقة التي ظلّ كانط يمارسها). كما أنها تتيح لنا أيضاً إضافةً إلى تحليل المناقشات العلمية، التحليل النقدي للمواقف العلمية الإشكالية. وهو أمر لا غنى عنه إذا ما أردنا فهم تاريخ الفكر العلمي.

حاولت أن أبيّن أنّ أهم المشاكل التقليدية في نظرية المعرفة ـ المشاكل المرتبطة بنمو معرفتنا ـ تتجاوز بكثير ما يمكن أن نأمل الحصول عليه بواسطة طريقتي تحليل اللغة الرئيسيتين وأنّها تتطلب لدراستها تحليل المعرفة العلمية بالدرجة الأولى. وإني لأبعد ما يكون عن الرغبة في تحويل هذه الحجة إلى دوغما جديدة. إلا أنّ خطر تحويل المعرفة العلمية ـ فلسفة العلوم ـ إلى موضة جديدة وما يتبعه من ابتكار احتراف جديد قائم مع الأسف. فالفلاسفة أناس غير متخصصين. إنّ اهتمامي بالعلم وبالفلسفة آتٍ من رغبتي بالتعلم والدراسة لأسرار العالم الذي نعيش فيه وأحاجيه وكذلك لأسرار المعرفة الإنسانية لهذا العالم. إن إحياء الاهتمام بهذه الأسرار هو وحده الكفيل بتحرير العلم والفلسفة، من حكم المتخصصين ومن إيمانهم الخرافي والخطير بسلطة معرفة المتخصص الشخصية. إنه هو الذي يحرر من الوهم الذي يليق جيداً ويا للأسف بعصرنا بعد العقلاني وبعد النقدي الذي وضع على عاتقه باعتزاز تهديم الفلسفة العقلانية ومعها تقاليد الفكر.

بين، بكينغهام شاير، ربيع 1958

مقدمة الطبعة الألمانية الثانية

[XXIII]

ظهرت النشرة الأولى لهذا الكتاب في خريف عام 1934 من دار النشر يوليوس شبرينغر (1935 في صفحة العنوان). عملت بعد تأليفه على تطوير أفكاري في نظرية المعرفة في مجلد جد مختصر لم ينشر حتى الآن حمل عنوان **المشكلتان الأساسيّتان في نظرية المعرفة**. واتخذ شكل العرض طابعاً جدلياً إلى حد ما مع ما كان يعرف باسم الوضعية المنطقية «الحلقة فينا» ـ وهي حلقة نقاش فلسفي لأصدقاء موريتس شليك الذي شغل منصب مستشار التعليم في جامعة فينا التي كرست نفسها تقليدياً بتأثير من إرنست ماخ لفلسفة العلوم. وقد روى فيكتور كرافت الذي خلف شليك في منصبه وأصبح عضواً في حلقة فينا قصة هذه الحلقة في كتاب.

وعلى الرغم من أني كنت من المستمعين إلى شليك إلا أنّي لم أكن قط عضواً في حلقته. ولكني كنت على صلة شخصية منذ عام 1924 مع بعض من أصبحوا أعضاءً فيها بعد ذلك ـ وهكذا كنت على صلة بهاينريش كومبيرز، فيكتور كرافت، إدغار تسليزل وأوتو نورات؛ والتقيت عام 1931 بعضو آخر فيها هو هربرت فيكل الذي شجعني على نشر أفكاري التي كنت منشغلاً فيها لأعوام عديدة على شكل كتاب، وهذا ما جعلني أكتب **المشكلتان الأساسيّتان في نظرية المعرفة**. عرفني فيكل على كارناب وعلى كوديل وقد سنحت لي فرصة عرض أفكاري في بعض محاضرات ألقيتها أمام أعضاء حلقة فينا بمن فيهم هانز هان، وكارل مينغر، وفيليب فرانك وفريتز وايزمان.

توضح هذه الملاحظات الدور الكبير نسبياً الذي تلعبه المناقشات النقادة مع أفكار حلقة فينا في هذا الكتاب.

أعطيت محاضرات في إنكلترا في العام 1935-1936 وعينت في نيوزيلاند

آخر عام 1936. ولما كنت أعمل منذ ذلك الحين في وسط لغوي يكاد يكون مقتصراً على اللغة الإنكليزية فقد التفتت مقدمة الطبعة الإنكليزية الصادرة عام 1959 بشكل نقاد إلى حالة نظرية المعرفة في إنكلترا وأمريكا أساساً.

إنّ نظرية المعرفة في وضع قوي في إنكلترا الآن أيضاً متأثرة بالتقاليد العظيمة المرتبطة بأسماء لوك وبيركلي وهيوم وميل؛ وهذا ما يراه المرء قبل كل شيء في كتابات برتراند روسيل، معلم الوضوح الذي لا منافس له، ومعلم البساطة وروح الدعابة في الفلسفة. وأنا أتعارض على نحو ما مع هذه التقاليد العظيمة ذلك أني أعتبر بعض إسهامات كانط في نظرية المعرفة أساسية جداً بل وبصراحة حاسمة، هذا على الرغم من أني لا أؤمن بوجود قضايا تركيبية يمكن النظر إليها كصالحة قبلياً أو مبررة. هذا يعني، على ما أعتقد، أن من بين القضايا التركيبية (الحقيقية) فرضيات يمكن التحقق منها تجريبياً وتنتمي بناءً على ذلك إلى العلوم الطبيعية، وقضايا أخرى لا يمكن التحقق منها تجريبياً نستطيع وصفها بالميتافيزيائية. ونحن لا نملك، في نظري، «التبرير» هذه القضايا الأخيرة حججاً أقوى وإنّما على العكس حججاً أضعف: فهي حقاً ليست فرضيات تجريبية ولكنها ليست في غالب الأحيان أقل «افتراضية» ـ بمعنى «غير متيقنة» ـ بل أكثر افتراضية من الفرضيات العلمية. يتكون كل «علمنا» التركيبي من تخمينات؛ كما أنه يمكن ضبط الحد بين القضايا التركيبية والقضايا التحليلية على نحو دقيق تماماً ـ في نظريات مصاغة بشكل مضبوط أو نظريات مصاغة على نحو صوري ـ ولكن النشاط العلمي غير دقيق عملياً في كثير من الأحيان[1]. [XXIV]

لقد كان كانط يؤمن بوجود «علم طبيعي بحت» تركيبي وصالح قبلياً في آن واحد وبالتالي علماً يقيناً. لقد آمن بذلك لأنه رأى، وهو على حق أنّه (1) لا يمكن تأسيس فيزياء نيوتن على تجميع من قضايا الرصد و(2) أنّ فيزياء نيوتن صحيحة. تقيم هاتان الأطروحتان معاً الدليل على صلاحية فيزياء نيوتن القبلية وهذا ما ادّعاه كانط على سبيل المثال في **الأسس الميتافيزيائية الأولية للعلم الطبيعي** (1785).

لكننا تعلمنا من آنشتاين أنه من الممكن أن تكون فيزياء نيوتن باطلة؛ وهذا يعني تغيراً كلياً في وضع المشكلة بالنسبة للوضع الذي وجده كانط عليه. وهكذا يمكننا الآن حل مشاكل كانط بأن نعترف بالطابع الافتراضي أساساً لنظريات

(1) قارن الملاحظات حول المناورات المواضعية في الفقرة 20 أسفله.

العلوم الطبيعية (وأكثر منها للميتافيزياء). لقد شرحت هذه الأفكار مفصلاً في مقال في مجلة *Ratio*، 1 (1958/1957) (*وهو الآن الفصل الثامن من كتابي **التخمينات والدحوض***).

أما في ما يخص الفلسفة الألمانية بعد كانط فيبدو لي أن كل ما يعود إلى فيشته (Fichte) وشيلينغ (Schelling) وهيغل (Hegel) قد ضل طريقه. ولقد شرحت في مناسبات عديدة الأسس التي بنيت عليها هذا الرأي، مثلاً في عرضي: «كانط فيلسوف التنوير» المعاد طبعه في كتابي **سحر أفلاطون (المجتمع المنفتح وأعداؤه،** المجلد الأول). لقد أدى بنا هذا التيه بعد مذهب الذاتية (الماهوية) لهوسيرل (Husserl) إلى الوجودية الحديثة. وأدى فوق ذلك إلى النظر في أيامنا هذه إلى كانط وإلى التنوير بكامله وقد عفا عليه الزمن تماماً؛ وكل ما يمكن للمرء أن يقول: ما أتعس عصرنا!

بين، بكينغهـام شاير، ربيع 1963

مقدمة الطبعة الألمانية الثالثة

[XXV]

تحتاج نظرية المعرفة، ومعها الفلسفة بصورة عامة إلى الدفاع عن وجودها وتبريره apologia pro vita sua. ذلك أن ما يثقل ضمير الفلسفة منذ موت كانط يمثل اتهاماً خطيراً، سواء من وجهة النظر العقلية أو من وجهة النظر الأخلاقية.

إلا أنّه توجد حجة للدفاع عن الفلسفة هي التالية: إنّ لكل النّاس فلسفتهم سواء عرفوا ذلك أم لم يعرفوا. ونحن وإن كنا نقر أن ليس لفلسفاتنا هذه مجتمعةً قيمة تذكر فإن تأثيرها على تفكيرنا وعلى تعاملنا هدّام حقاً في أغلب الأحيان. ولذا فمن الضروري تفحص فلسفاتنا بشكل نقاد. وهذه هي مهمة الفلسفة؛ كما يرتكز دفاعها على هذه المهمة.

ثم إنّ هذه المهمة أقل غطرسة في ما ترمي إليه من مهام فلسفية عديدة أخرى. إلا أن القيام بها ممكن شريطة أن نتعلّم الكلام والكتابة بوضوح وبساطة قدر المستطاع. يجب التخلي عن موضة عبادة الغموض كما يجب استبدال المذهب التعبيري الفلسفي بموقف عقلاني ونقاد. ليست المسألة مسألة كلمات وإنّما مسألة حجج قابلة للانتقاد.

ولما كان لكل امرئ فلسفته فإن له ـ عن غير وعيٍ عادةً ـ نظريته في المعرفة؛ وهناك أمور عديدة تدعو للاعتقاد أنّ نظرياتنا في المعرفة تؤثر تأثيراً حاسماً في فلسفاتنا. ذلك أن السؤال الأساسي فيها هو: ترى هل يمكننا في نهاية المطاف معرفة شيء ما؟ أو حسب صيغة كانط: ماذا يمكنني أن أعرف؟

لقد حاولت قبل خمسة وثلاثين عاماً الإجابة عن هذا السؤال في هذا الكتاب. وليس الجواب متشائماً أو نسبوياً أو شكوكيّاً (بمعنى الاستعمال الحديث لهذه الكلمة): إنّه يبيّن أنّنا نتعلم من أخطائنا. وأن التقرب من الحقيقة أمر ممكن. لقد كان هذا جوابي عن التشاؤم في نظرية المعرفة. ولكنني أجبت كذلك عن

[36] ونعتبر هذا التمييز أساسياً: ذلك أن كل تطبيق للعلم يعتمد على الاستدلال من الفرضيات العلمية (التي هي قضايا عامة) على الحالات الخاصة أي على التنبؤات الخاصة المشتقة منها. ويجب أن تدخل المفردات في كل قضية خاصة.

كثيراً ما تظهر مفردات القضايا (الخاصة) العلمية على شكل إحداثيات في الفضاء-الزمان، إذ تعود كل نظمة إحداثيات في الفضاء-الزمان إلى مفرد هو نقطة منشأ هذه النظمة، فهي مثلاً غرينتش أو ميلاد المسيح الخ. وهذا يعني أننا أعدنا عدداً كبيراً قدر ما نريد من المفردات إلى عدد صغير منها[6].

ويمكننا أن نستعمل التعابير التالية كمفردات «هذا هنا»، «ذلك هناك»، وما شابهها من الحركات الدالة، أو باختصار الإشارات التي، وإن لم تكن هي نفسها أسماء خاصة، يمكن استبدالها بأسماء خاصة أو بإحداثيات مفردة. إلا أننا قد نفسر الكليات بالدلالة على المفردات أولاً وبإضافة تعابير إليها مثل «وما شابه» «إلى آخره» تعطيها طابعها الكلي، أي أننا نرى هذه المفردات كممثلة لصف يتصف بالكلية. ولا شك في أننا نتعلم استعمال المفاهيم العامة، أي تطبيقها على المفردات عن طريق هذا النوع من الدلالات: لأن الأساس المنطقي لهذا التطبيق هو أن المفاهيم الفردية [التي لا تصف عناصر وحسب وإنما صفوفاً أيضاً] يمكن أن ترتبط بالمفاهيم الكلية إما بعلاقة عنصر بصف أو بعلاقة صف جزئي بصف. وهكذا على سبيل المثال فإن كلبي لوكس ليس هو عنصراً من صف كلاب فينا (وهو مفرد) وحسب وإنما هو أيضاً عنصر من صف الثدييات (وهو كلي) وكلاب فينا صف جزئي من صف كلاب النمسا (وهو مفرد)، ليس هذا فحسب وإنما صف جزئي من صف الثدييات (الكلي) أيضاً.

قد يقود استعمال مفهوم الثدييات كمثل على الكليات إلى سوء للتفاهم، لأن الاستعمال اللغوي العادي لا يميز تمييزاً متواطئاً كلمات مثل لبون، كلب، الخ: هل يجب فهمها كمفردات أو ككليات؟ يتوقف الأمر على ما نصفها به، فهي قد تشير إلى أصناف من الحيوانات التي تعيش على سطح كوكبنا (إلى مفردات) أو إلى أجسام مادية ذات صفات محددة معطاة (عامة). ويصح الشيء نفسه على مفاهيم [37] كـ «مبسترة»، «نظمة لينه (Linné)» (اسم عالم) أو «اللاتينياتية» طالما نستطيع حذف

---

(6) وعلى العكس فإن وحدات القياس التي أثبتت في البداية بواسطة المفردات (دوران الأرض - المتر العياري في باريس) تعرف الآن مبدئياً بالكليات بطول الموجة أو بالتردد للضوء وحيد اللون الصادر عن ذرات معينة وفي شروط معينة.

الأسماء الخاصة التي تشير إليها (أو على العكس إذا استعملت هذه الأسماء في التعريف)[*5].

توضح هذه الأمثلة والشروح ما نعني بالكلي والمفرد. ولو طلب منا إعطاء تعريف لوجب القول (من قبيل ما قلناه أعلاه): مفهوم المفرد هو مفهوم لا يمكن الاستغناء في تعريفه عن الأسماء الخاصة أو عما يكافئها من الدالات والإشارات. أما إذا أمكن حذف الأسماء الخاصة من التعريف (بعد استعمالها مباشرة) فالمفهوم كلي. ومع ذلك فقد لا تكون لهذا التعريف قيمة لأن كل ما فعله هو إرجاع مفهوم المفرد إلى مفهوم الاسم الخاص (أي إلى اسم شيء مادي مفرد).

نعتقد أن طريقة الاستعمال المعطاة هنا للتعبيرين كليات ومفردات تقابل إلى حد بعيد الاستعمال اللغوي العادي. ونرى أنها طريقة لا غنى عنها إذا أردنا تجنب طمس الفرق بين القضايا الكلية والقضايا الخاصة. (وهناك فرق مماثل تماماً بين المشاكل الكلية ومشكلة الاستقراء). ولا يمكن أن يكتب النجاح لمحاولة تمييز المفرد بخصائص وعلاقات تطبعه ظاهرياً ولكنها خصائص وعلاقات للكلي: فنحن بهذا لم نميز مفرداً بحد ذاته وإنما الصف الكلي لكل المفردات التي ينطبق عليها هذا التمييز. ولن يغير في الأمر شيء، بما في ذلك استعمال التحديد المكاني-الزماني (الكلي)[7]، لأن السؤال عمّا إذا كانت توجد مفردات تستجيب للتمييز بواسطة الكلي، وكم عدد هذه المفردات إن وجدت، يبقى سؤالاً مفتوحاً.

وكذلك لن يكتب النجاح لتعريف الكليات انطلاقاً من المفردات. لقد أهمل هذا الأمر في غالب الأحيان نظراً للاعتقاد السائد بإمكانية القفز من المفرد إلى الكلي عن طريق «التجريد». وترتبط وجهة النظر هذه بمنطق الاستقراء وبالقفز من القضايا الخاصة إلى القضايا العامة فيه. ولا يمكن إنجاز أي من هذين الإجراءين منطقياً[8]. صحيح أنه من الممكن بهذه الطريقة الصعود إلى صفوف من المفردات ولكن هذه

(5*) يمكن تعريف مبستر بأنه معالج وفق إرشادات لويس باستور (أو ما شابه) أو بأنه مسخن إلى درجة الحرارة 80 مئوية ويبقى في هذه الدرجة لمدة عشر دقائق. فالتعريف الأول يعطي للكلمة مفهوماً مفرداً والتعريف الثاني مفهوماً كلياً.

(7) إن «مبادئ الإفرادات» هي التحديدات المفردة التي ترجع إلى كلمات خاصة، فهي تنطبق على التحديد الفضائي ـ الزماني أو غيره وليس على الفضاء ـ الزمان.

(8) وكذلك لا تسمح الطريقة المستعملة في المنطق المسمّاة «تجريد التماثل» بالصعود من المفرد إلى الكلي: فالصف المعرّف بواسطة تجريد التماثل هو صف معرّف من المفرد على نحو الماصدقي (extensional) وهو بالتالي مفهوم مفرد.

الصفوف لا تزال مفاهيم مفردات معرفة بواسطة أسماء خاصة. (مثال على هذه الصفوف، «جنرالات نابليون»، «سكان باريس»، إنها مفاهيم مفردات). وكما نرى [38] فإنه لا علاقة إطلاقاً للتمييز بين الكلي والمفرد بالتمييز بين الصف والعنصر: يمكن لكل من الكليات والمفردات أن تكون صفوفاً أو عناصر من صفوف.

ولذا فإنه لا يمكن إزالة التفريق بين المفاهيم المفردة والمفاهيم العامة بأن نقول مع كارناب «.. إن هذا التفريق لا يقوم على أساس لأنه .. يمكن لكل منا النظر إلى أي مفهوم كان كمفهوم مفرد أو كمفهوم عام بحسب وجهة نظره». يحاول كارناب دعم رأيه بالإثبات التالي «.. أن ما يسمى بالمفاهيم المفردة (تقريباً) هي أيضاً صفوف.. مثلها مثل المفاهيم العامة»(9). ولقد بيّنا أن هذا صحيح تماماً ولكنه لا يتصل بمسألة التفريق على الإطلاق.

وعلى نفس النحو خلط المنطق الرمزي (لوجيستيك)(10) بين التفريق القائم بين الكلي والمفرد والتفريق القائم بين العنصر والصف. لا شك في أن استعمال كلمتي كلي ومفرد كمرادفين لكلمتي صف وعنصر أمر مسموح به ولكنه غير مناسب. لأنه لا يمكن إيضاح المسائل بهذه الطريقة، وأكثر من ذلك فهي تسد المنافذ إلى المسائل ولا تتيح رؤيتها. ولا يختلف الأمر هنا عما هو عليه في

---

(9) Rudolf Carnap, *Der logische Aufbau der Welt*, p. 213.

(إضافة أثناء طباعة الكتاب عام 1934). يبدو أن التفريق بين الكليات والمفردات لم ينجز في كتاب:
Rudolf Carnap, *Logische Syntax de Sprache*,
كما لم يعبر عنه في «اللغة الإحداثيات» التي أنشأها كارناب. كان من الممكن الاعتقاد أنه يمكن تفسير هذه الإحداثيات على أنها مفردات نظراً لأنها إشارات من الطراز الأدنى (خاصة وأن كارناب يستعمل نظمة للإحداثيات معرفة بالاستعانة بالمفردات، انظر ص 11 من: المصدر المذكور. ولكن هذا التفسير لا يستقيم إذ كتب كارناب ص 87 [وص 114] من المصدر المذكور أنه في اللغة التي يستعملها «... كل التعابير من الطراز الأدني هي تعابير عددية»، ويقصد بذلك أنها تدل على ما يمكن أن نعتبره داخلاً في صف الإشارة الأولية «عدد» غير المعرفة لبيانو (Peano)، انظر ص 31 و36 من: المصدر المذكور. ومن هنا يتضح أنه لا يجب النظر إلى الإشارات العددية التي تظهر كإحداثيات على أنها أسماء خاصة أو إحداثيات فردية وإنما على أنها كليات. (إنها «مفردات» بمعنى محول فقط)، انظر الهامش رقم (5)، (b)، الفقرة 13 من هذا الكتاب.

(10) وكذلك التفريق الذي يقوم به كل من روسيل ووايت هيد بين الفردي (أو الجزئي) من جهة والكلي من جهة أخرى، بعيد كل البعد عن التفريق الذي أدخل هنا بين المفرد والكلي. وبحسب اصطلاح روسيل إن في الجملة «نابوليون جنرال فرنسي» «نابوليون» فرد ـ كما هو عليه الحال عندنا ـ إلا أن «جنرال فرنسي» كلي. وعلى العكس ففي الجملة «الآزوت ليس معدناً» «ليس معدناً» كلي ـ كما هو الحال عندنا ـ بينما «الآزوت» فرد. كما أن «التوصيفات» (Descriptions) لا تقابل مفهوم المفردات عندنا لأن «صف نقاط جسمي»، على سبيل المثال، هو مفهوم مفرد عندنا إلا أنه لا يمكن تمثيله بتوصيف. انظر:
A. N. Whitehead and Bertrand Russell, *Principia Mathematica*, vol. 1, 2nd ed. (London: Cambridge University Press, 1925), Introduction to the Second Edition, II I, pp. xix f.

التفريق بين القضايا العامة والخاصة: وليست أدوات اللوجيستيك أكثر فعالية في [39] معالجة مسألة ما هو عام مما عليه في معالجة مشكلة الاستقراء[11].

15 ـ القضايا الكلية والقضايا الوجودية

لا يكفي أن نميز القضايا العامة بقولنا إنها القضايا التي لا تظهر فيها مفردات. فإذا استعملنا كلمة «غراب» ككلمة كلية فإن الجملة «إن كل غراب أسود» هي جملة كلية أيضاً. وقد تظهر في جمل عديدة أخرى كليات من غير أن نسميها قضايا كلية ومنها على سبيل المثال «إن غرباناً كثيرة سوداء» أو «توجد غربان سوداء».

نقول عن القضايا التي تقع فيها كليات فقط إنها قضايا كلية. نضع إلى جانب القضايا الكلية التي رأيناها سابقاً، على وجه الخصوص قضايا من الشكل «يوجد غراب أسود» نسميها قضايا كلية يوجد أو قضايا كلية وجودية.

يتضمن نفي قضية كلية، قضية كلية وجودية والعكس بالعكس. فالقول على سبيل المثال إن «ليس كل الغربان سوداء» يكافئ القول إنه «يوجد غربان غير سوداء».

وبما أن لكل نظريات العلوم الطبيعية، لكل قوانين الطبيعة، الشكل المنطقي للقضايا العامة، فإنه من الممكن التعبير عنها على شكل نفي لقضايا كلية وجودية أي على شكل قضايا «لا يوجد» وهكذا يمكن التعبير عن قانون انحفاظ الطاقة كما هو معروف بالقول إنه «لا توجد آلة مستديمة الحركة» أو التعبير عن فرضية الكم الكهربائي الأولي بالقول إنه «لا توجد شحنة كهربائية ليست عدداً صحيحاً من المرات الكم الكهربائي الأولي».

وهكذا نرى بوضوح أنه من الممكن استيعاب القوانين الطبيعية كمحظورات:

---

(11) ولا يمكن التعبير كذلك في نظمة روسيل وايت هيد عن الفرق بين القضايا الكلية والخاصة. وليس صحيحاً أن ما يسمى «بالتضمنات الصورية» أو «التضمنات الشمولية» هي قضايا عامة (كلية) لزوماً. وأكثر من ذلك، يمكن وضع أي قضية فردية على شكل تضمن شمولي، ويمكن على سبيل المثال أن نضع الجملة ولد نابوليون في كورسيكا على الشكل (x) $[\varphi x \leftarrow N: x]$ أو بالكلام: من أجل كل قيم x يصح: إذا كان x يتطابق مع نابوليون فإن x ولد في كورسيكا.
ويكتب التضمن الشمولي: $((x)\ (x))\ \varphi \leftarrow f(x))$ حيث يمكن قراءة الإشارة الكلية x على النحو التالي: «يصح من أجل كل قيم x»؛ φx وfx فهي قطع قضايا أو «دالات منطوقات» (مثلاً x ولد في كورسيكا دون القول من هو x: هي دالة منطوق قد تكون الحقيقة أو البطلان)، أما الرمز ← فيجب أن يقرأ إذا صح كذا... فيصح كذا... يمكن أن نسمي المنطوق السابق φx «المقدمة الشرطية» وfx «دالة المنطوق التالي» أو «المحمول»، والتضمن الشمولي $(x)\ (\varphi(x) \leftarrow f(x))$ يثبت أن كل قيم x التي تستجيب لـ φx الشرطية تستجيب لـ fx أيضاً.

إنها لا تدعي أن شيئاً ما موجود وإنما عدم وجود شيء ما. وهذا بالتحديد ما يجعلها قابلة للتفنيد: فإذا اعترفنا بقضية خاصة، ترفع الحظر بأن تدعي بوجود «سيرورة ممنوعة» (بوجود جهاز، في مكان ما، ذي حركة مستديمة مثلاً) فإننا ندحض بذلك القانون الطبيعي ذا العلاقة. [40]

وعلى العكس من ذلك تماماً فإن القضايا الوجودية غير دحوضة، غير قابلة للتفنيد: لا يمكن لأي قضية خاصة (قضية قاعدية) أن تتناقض منطقياً مع قضية كلية وجودية مثل «توجد غربان بيضاء». (لا يمكن إلا لقضية كلية أن تتناقض مع قضية من هذا النوع). ولذلك وانطلاقاً من معيار الحد الفاصل الذي وضعناه فإننا سنقول عن القضايا الكلية الوجودية إنها غير تجريبية وميتافيزيائية. قد يبدو هذا التمييز غير مناسب للوهلة الأولى وأنه لا يتفق مع إجراءات العلوم التجريبية: إذ يمكن للمرء أن يعترض، وهو على حق، قائلاً إن هناك نظريات تأخذ شكل قضايا وجودية؛ وأن يعطي مثالاً على ذلك الجدول الدوري للعناصر الذي يقضي بوجود عناصر ذات عدد ذري معين. ولكننا إذا أردنا التحقق من فرضية وجود عنصر ذي عدد ذري معين فإن هذا يتطلب أكثر بكثير من مجرد قضية كلية: يوجد. فالعنصر ذو العدد الذري 72 (هافنيوم) لم يكتشف عن طريق قضية كلية وجودية معزولة[6*] وقد بقي مجهولاً إلى أن نجح بور (Bohr) بالتنبؤ ببعض خواصه. ونظرية بور واستتباعاتها التي أدت إلى اكتشاف هذا العنصر ليست قضايا وجودية وإنما قضايا كلية. وهكذا نرى أن نعتنا للقضايا الوجودية المعزولة أو الوحيدة-باللاتجريبية، نظراً لعدم قابليتها للتفنيد، مناسب تماماً في واقع الأمر كما أنه يوافق الاستعمال اللغوي. وهذا ما سيتأكد أيضاً في نظريتنا حول منطوقات الاحتمال ومراقبتها التجريبية[12].

ليست القضايا الكلية مقيدة في الفضاء-الزمان، ويستحيل إرجاعها إلى نظمة إحداثيات منفردة ومحددة. ولهذا فإن القضايا الكلية الوجودية غير قابلة للتفنيد: لا يمكن تفتيش العالم بأسره للبرهان على عدم وجود شيء ما. وكذلك الأمر بالنسبة للقضايا الكلية الأخرى التي لا يمكن التأكد من صحتها: إذ يجب في هذه الحالة أيضاً تفتيش العالم بأسره كي نستطيع القول بعدم وجود شيء ما. إلا أن هذين النوعين من القضايا، الوجودية منها والكلية قابلان للبت وحيد الجانب: إذا ما

(6*) لقد أهمل النقاد في غالب الأحيان ما يلي: تتميز القضايا الوجودية «الوحيدة» أو «المعزولة» وحدها بعدم قابليتها للتفنيد ولكن من الممكن أن تحتوي نظمات نظرية قابلة للتفنيد على قضايا عديدة من نوع: يوجد.

(12) انظر الفقرتين 66 و68 من هذا الكتاب.

ثبت لدينا أن «شيئاً ما موجود» هنا أو هناك فقد تأكدنا من صحة قضية يوجد أو فندنا قضية كلية.

ولعل عدم التناظر الذي تعرضنا له في الفقرة 6 قد أصبح أقل إشكالية الآن. لأن قابلية التفنيد وحيدة الجانب للقضايا العلمية التجريبية لا تفرض أي عدم تناظر [41] في الارتباطات المنطقية حيث يسود التناظر التام: فالقضايا الكلية والقضايا الوجودية مبنية على نحو متناظر ومعيار الحد الفاصل وحده[*7] هو الذي يرسم الخط المؤدي إلى عدم التناظر.

16 ـ النظمات النظرياتية

إن التحول المستمر لنظريات العلوم الطبيعية ليس ظاهرة عرضية في نظرنا وإنما طابع مميز للعلم التجريبي. ولذا فلن نجد بصورة عامة إلا فروعاً جزئية من العلم تأخذ، مؤقتاً في أغلب الأحيان، شكل نظمة تامة ومتسقة. ومع ذلك تخضع هذه النظمة إلى الإشراف عادة ويمكن تفحصها في مختلف نواحيها وفي الصلات بين هذه النواحي؛ ويفترض كل فحص صارم للنظمة أن النظمة في وضعها الحالي متّسقة ومغلقة إلى حد يجعل من إدخال أي فرضية جديدة فيها تعديلاً لها وإعادة نظر فيها.

ولهذا يسعى المرء إلى إعطاء النظمة شكلاً نسقياً منضبطاً، شكلاً موضوعاتياً على نحو ما فعله هيلبرت على سبيل المثال في بعض فروع الفيزياء النظرية: وضع كل الفرضيات في عدد محدد من الموضوعات (أو المسلمات: دون الادعاء بطبيعة الحال بحقيقة ما تتضمنه هذه المسلمات) على رأس النظمة النظرية ثم نشتق منها كل قضايا النظمة الأخرى، إما بالطرق المنطقية المحضة أو بالتحولات الرياضية.

ونقول عن نظمة نظرياتية إنها أخذت الشكل الموضوعاتي إذا أعطينا عدداً من القضايا، الموضوعات، المستوفية للشروط الأساسية الأربعة التالية: يجب أن تكون نظمة الموضوعات أ) خالية من التناقض، ويكافئ[13] هذا الشرط استحالة اشتقاق أي قضية اعتباطية من نظمة الموضوعات ب) أن تكون الموضوعات

(*7) يجب ألا نحمّل كلمة «وحده» أكثر مما تستحق. فالمسألة في غاية البساطة. فإذا كان ما يميز العلم التجريبي هو النظر إلى القضايا الخاصة كقضايا فحص فإن منشأ عدم التناظر هو أن القضايا الكلية قابلة للتفنيد فقط بالنسبة للقضايا الخاصة، والقضايا الوجودية قابلة للتأكد من صحتها فقط بالنسبة لهذه القضايا الخاصة. انظر أيضاً الفقرة 22* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(13) انظر الفقرة 24 من هذا الكتاب.

مستقلة بعضها عن بعض، أي أن لا تتضمن الموضوعة أي منطوق يشتق من الموضوعات الأخرى (يجب أن نسمي موضوعة كل قضية أساسية يستحيل اشتقاقها في داخل النظمة). أما في ما يتعلق بعلاقة الموضوعات بقضايا النظمة النظرياتية يجب ج) أن تكون نظمة الموضوعات كافية لاستنتاج كل قضايا النظمة النظرياتية د) أن تكون لازمة أيضاً أي أنها لا تتضمن أي قضية لا طائل منها[14].

[42] ومن الممكن دوماً في نظمة وضعت على شكل موضوعاتي تفحص العلاقات التي تصل فروع النظمة بعضها ببعض والنظر على سبيل المثال في توقف نظمة جزئية من النظرية على نظمة جزئية من الموضوعات، أي عمّا إذا كانت تشتق من هذه النظمة الجزئية من الموضوعات[15]. إن هذا الأمر هام في مسألة قابلية التفنيد لأنه يرينا كيف يمكن ألا يؤثر تفنيد قضية مستنتجة إلا على قسم من نظمة الموضوعات في بعض الحالات التي تفند بدورها. فالعلاقات في النظريات الفيزيائية، وعلى الرغم أنها ليست كليةً على شكل موضوعاتي بصورة عامة، بين مختلف الموضوعات، واضحة إلى حد يسمح لنا بالبت في القسم من هذه الموضوعات الذي يمسه التفنيد[*8].

17 ـ إمكانات تفسير نظمة موضوعاتية

لن نناقش هنا الإدراك العقلاني التقليدي الذي ينظر إلى موضوعات نظمة ما، الهندسة الإقليدية على سبيل المثال، على أنها «ظاهرة للعيان مباشرة»، على أنها «واضحة بحد ذاتها» ويجب الأخذ بها لأنها كذلك. ونكتفي بالإشارة إلى أننا لا نشاطر هذا الرأي. ونرى أنه يمكن القبول بنوعين مختلفين من التفسير للنظم الموضوعاتية: (أ) يمكن اعتبار الموضوعات كإثباتات أو (ب) اعتبارها كفرضيات علمية ـ تجريبية.

---

(14) انظر في ما يتعلق بهذه المتطلبات الأربعة، وبالفقرة القادمة، كارناب على سبيل المثال وعرضه المختلف إلى حد ما عن عرضنا: Rudolf Carnap, *Abriss der Logistik: Mit bes. Berücks d. Relationstheorie u. Ihre Anwendgn*, Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffassung; 2 (Wien: J. Springer, 1929), pp. 70 ff.

(15) سنتحدث بالتفصيل عن هذا الأمر في الفقرات 63، 64، و75-77 من هذا الكتاب.

(*8) سأعود إلى هذا الموضوع بالتفصيل في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, وخاصة الفقرة 22* منه.

(أ) تضع الموضوعات عندما نأخذها كإثباتات أسس استعمال المفاهيم الواردة فيها. فهي التي تعين ما تنطق به هذه المفاهيم وما لا تنطق به. ولذا فقد جرت العادة على القول إن الموضوعات إنما هي تعاريف ضمنية للمفاهيم الواردة فيها. ونريد توضيح هذا التفسير بالاستعانة بالتماثل القائم بين نظمة موضوعات ونظمة معادلات غير متناقضة.

فنظمة المعادلات تثبت بشكل ما المتغيرات الواردة فيها. وحتى إن كانت نظمة المعادلات غير كافية لإعطاء حل وحيد فإنها لا تسمح بأن نستبدل بالمتغيرات أي تركيبة من القيم؛ إنها على العكس من ذلك تميز صفاً من نظم القيم كصف مقبول للمتغيرات وتستثني صفاً آخر. وعلى نفس النحو يمكننا التمييز بين نظمة مفاهيم كنظمة مقبولة ونظمة أخرى غير مقبولة بفضل «معادلة المنطوقات». ونحصل على معادلة المنطوقات من دالة المنطوقات[16] وهي قضية غير كاملة ترك فيها فراغ أو فراغات. فإذا قلنا مثلاً إن الوزن الذري لأحد نظائر x هو 65 أو أن: $x + y = 12$، فستتحول دالة المنطوقات إلى قضية عندما نبدل الفراغين x وy بقيم ما وهذه القضية صحيحة أو باطلة بحسب القيم التي بدلنا الفراغين بها. فالقضية [43] الأولى صحيحة إذا وضعنا بدلاً عن x النحاس أو التوتياء وهي باطلة في كل الحالات الأخرى. تنتج معادلة المنطوقات عندما نثبت في دالة المنطوقات القيم التي تجعل منها قضية صحيحة. ونكون قد عرفنا في معادلة المنطوقات صفاً معيناً من القيم المقبولة، أي صف القيم التي تحققها. والشبه واضح بين هذه المعادلة والمعادلة الرياضية: إذا نظرنا إلى مثلنا الثاني على أنه معادلة منطوقات وليس دالة منطوقات فإنه والحالة هذه معادلة رياضية بالمعنى المتعارف عليه.

ولما كنا نستطيع اعتبار المفاهيم الأساسية غير المعرفة في نظمة موضوعات كفراغات فإننا نستطيع بالتالي النظر إلى نظمة الموضوعات كنظمة من دالات المنطوقات. وتتحول هذه الأخيرة إلى نظمة معادلات منطوقات عندما نثبت مجموعة قيم نستبدل الفراغات بها بحيث تستجيب لنظمة الدالات. ونكون بهذا الشكل قد عرفنا ضمنياً صفاً من نظمات المفاهيم. ويمكننا القول إن كل نظمة مفاهيم تتوافر فيها شروط نظمة الموضوعات هي «منوال» لهذه النظمة[*9].

يمكننا التعبير عن تفسير نظمة الموضوعات كنظمة تعاريف ضمنية أو

(16) انظر الهامش رقم (11)، الفقرة 14 من هذا الكتاب.

(*9) انظر الهامش التالي رقم (*10).

(متواضع عليها) بقولنا: لا يسمح باستبدال نظمة الموضوعات إلا بالمناويل[10*]. ونحصل عندما نستبدل النظمة بمنوال على نظمة قضايا تحليلية (لأن القضايا صحيحة بالتوافق). ولا تصلح نظمة موضوعات مفسرة على هذا الشكل أن تكون نظمة فرضيات في العلوم الطبيعية بحسب ما نراه لأنها غير قابلة للدحض نتيجة تفنيد القضايا المستتبعة منها، فكل هذه القضايا المستتبعة تحليلية لزوماً.

(ب) كيف يمكننا والحالة هذه أن نفسّر نظمة موضوعات كنظمة فرضيات علمية تجريبية؟ جرت العادة على القول إنه يجب النظر إلى الإشارات الواردة في نظمة الموضوعات «كثوابت خارجة عن المنطق» وليس كتعاريف ضمنية. وهكذا يمكن تفسير مفاهيم الهندسة كالخط المستقيم والنقطة بالشعاع الضوئي وبتقاطع الخيوط. وهكذا يمكن الظن أن قضايا نظمة الموضوعات قد أصبحت منطوقات عن مواضيع تجريبية أي قضايا تركيبية.

يؤدي هذا التفسير، وإن بدا واضحاً للوهلة الأولى، إلى صعوبات ترتبط بمشكل القاعدة. ذلك أن إعطاء تعريف تجريبي لمفهوم ما أمر أبعد ما يكون عن [44] الوضوح. فكثيراً ما يقال «تعاريف المالحق» ويقصد بذلك: نسب معنى تجربي محدد للمفهوم وذلك بأن يقرن بمواضيع معينة من العالم الواقعي وأن ينظر إليه كرمز لهذه المواضيع. إلا أن الواضح هو أن الإشارة إلى «المواضيع الواقعية» لا يقع إلا باستعمال المفردات كأن نشير إلى الموضوع ونعطيه اسماً أو نربطه بإشارة ما، باسمه مثلاً، الخ. ولكن المفاهيم التي نلحقها بنظمة الموضوعات هي كليات لا تعرفها الإشارات التجريبية أو الإلحاقات أو ما شابه ذلك وإنما تعرف صراحة بواسطة كليات أخرى وحسب وإلا تبقى غير معرفة، وبقاء كليات من دون تعريف أمر لا مفر منه، وهنا مكمن الصعوبة: يمكننا دوماً استعمال هذه المفاهيم غير المعرفة بالمعنى غير التجربي (أ) أي استعمالها كمفاهيم معرفة ضمنياً وبهذا تصبح النظمة تحصيل حاصل. ولا يمكننا التغلب على هذه الصعوبة إلا عبر قرار منهجي يقضي بعدم استعمال المفاهيم غير المعرفة على هذا النحو. وسنعود مرة أخرى إلى هذه النقطة في الفقرة 20.

لنؤكد هنا على أمر واحد وهو أنه من الممكن دوماً عزو المفاهيم الأساسية

(10*) لعله من الضروري اليوم التفريق بوضوح بين نظمات المواضيع التي تفي بشروط نظمة موضوعاتية ما وبين نظمة أسماء هذه المواضيع التي يمكن وضعها في نظمة الموضوعات (والتي تجعلها صحيحة)، وبالتالي إعطاء اسم «منوال» إلى نظمة المواضيع وحدها. ولهذا فقد أكتب اليوم «لا يسمح باستبدال النظمة الموضوعاتية إلا بأسماء المواضيع التي تمثل المنوال».

في نظمة موضوعاتية ما، الهندسة مثلاً، إلى نظمة أخرى، الفيزياء مثلاً. وتكتسي هذه الإمكانية أهمية خاصة عندما تتضح عبر التطور العلمي نظمة قضايا ما بفضل فرضيات أعم منها تسمح، بالإضافة إلى شرح قضايا هذا المجال العلمي، باستنتاج قضايا مجال آخر. ويمكن في هذه الحالة تعريف المفاهيم الأساسية في النظمة الجديدة بالاستعانة بالمفاهيم الواردة في النظمة القديمة.

18 ـ مستويات العامية. الـ «Modus Tollens»

يمكن التميز في نظمة نظرياتية ما بين القضايا بحسب مستوى عاميتها، فأعم القضايا هي الموضوعات التي تشتق منها قضايا أقل عامية منها. وتأخذ القضايا التجربية العامة التي تشتق منها قضايا أقل عامية منها طابع الفرضية دوماً، بمعنى أنها تفند إذا أمكن تفنيد قضية أقل عامية مشتقة منها. ولكن هذه القضايا الأقل عامية في النظمة الاستنتاجية فرضياً تبقى قضايا عامة بحسب تحديد المفاهيم الذي أعطيناه. إلا أن الطابع الافتراضي لهذه القضايا ذات المستوى الأقل عامية لم يُر في كثير من الأحيان، وهكذا فقد كتب ماخ[17] عن نظرية فورييه (Fourier) في النقل الحراري مسمياً إياها «النظرية الفيزيائية النموذجية» لكونها «لم تبن على الفرضية وإنما على الواقع المرصود». أما ما يسميه ماخ واقعاً فهو الجملة التالية «إن نسبة تغير الفرق في درجات الحرارة مع الزمن (إن سرعة الفرق) متناسبة مع هذا الفرق شريطة أن يبقى طفيفاً». وهي قضية كلية لا يمكن لأحد الشك في طابعها الافتراضي. [45]

ونحن نذهب إلى القول إن لقضايا خاصة طابعاً افتراضياً إذا أمكن الاشتقاق منها، بالاستعانة بالنظمة، قضايا تالية يؤدي تفنيدها إلى إمكانية تفنيد القضية الخاصة نفسها.

يمكننا عرض مسألة الاستتباعات المفندة التي نتحدث عنها هنا، والتي تعني أن نخلص إلى تفنيد نظمة ما من تفنيدنا لقضية مستتبعة مشتقة منها ـ وهو الـ *Modus Tollens* في المنطق التقليدي ـ على النحو التالي[*11]:

(17) Ernst Mach, *Die Principien der Wärmelehre* (Leipzig: J. A. Barth, 1896), p. 115.

(*11) أود التنويه فيما يتعلق بالرمز → المستعمل في هذا المقطع وفي مقطعين قادمين (انظر الهامش رقم (*7)، الفقرة 35 والهامش رقم (*10)، الفقرة 36 من هذا الكتاب) بما يلي: عندما كتبت هذا الكتاب لم يكن واضحاً لدي الفرق بين القضية الشرطية (إن.. ف والمسمّاة أحياناً التضمّن المادي وهو أمر قد يوقع في الخطأ)، [سنعبر عنها: إذا... فإن... (المترجم)]، وبين القضية عن قابلية الاشتقاق (أي المنطوق القائل: إن.. ف صحيحة منطقياً أو أنها تحليلية أو إن مقدمتها تتضمن منطقياً تاليها) وقد أعلمني آلفرد تارسكي (A. Tarski) بهذا الفرق بضعة أشهر بعد صدور هذا الكتاب. ومع أن هذه المسألة لا تلعب =

لتكن p قضية تالية لنظمة قضايا t، قد تتألف من نظرية ومن شروط على الحدود (لن نميز هنا بين النظرية والشروط على الحدود بهدف التبسيط). يمكننا أن نرمز إلى علاقة الاشتقاق (علاقة التضمن التحليلي) بين t و p بـ $p \leftarrow t$ ونقرأ "t تتضمن p". نفرض أن p باطلة، نرمز لهذا بـ $\bar{p}$ ونقرأ لا p. والآن نظراً لكون $p \leftarrow t$ ولفرضنا $\bar{p}$ نستخلص $\bar{t}$ أي نعتبر أن t قد فندت. نشير إلى ترافق قضيتين (إلى ادعاءين متزامنين) بنقطة بينهما وهكذا يمكننا أن نكتب الاستتباع المفند على الشكل $\bar{t} \leftarrow [\bar{p} . (p \leftarrow t)]$ فنقول إذا كانت p مشتقة من t وكانت p باطلة فإن t باطلة أيضاً.

وهكذا تؤدي طريقة الاستخلاص هذه إلى تفنيد النظمة كلها (النظرية بما فيها الشروط على الحدود) التي اشتقت منها p المفندة وهكذا لا يمكن الادعاء أن التفنيد يمس أو لا يمس قضية منفردة ما من النظمة. ولا يمكن إلا في حالة استقلال p عن جزء من النظمة القول إن هذا الجزء لا يمسه التفنيد[18]. يرتبط بهذا الأمر [46] أيضاً التفنيد المؤدي بنا في ظروف معينة وبالاستعانة بمستويات العامية إلى إدخال فرضية جديدة مثلاً نرجع التفنيد إليها: إذا تأكدنا جيداً من صحة نظرية ما ووجدنا أن هذه النظرية تبقى صحيحة فيما إذا اشتقت استنتاجياً من فرضية جديدة أعم فإننا نبحث عن تفنيد هذه الفرضية قبل كل شيء عن طريق النتائج المترتبة عليها والتي لم نتحقق منها بعد. وفي حالة تفنيد إحدى هذه النتائج فإن الفرضية الجديدة وحدها مفندة أيضاً، وتبقى النظرية الأولى على صحتها وغير مفندة كنظمة جزئية وعلينا التفتيش عن فرضية أخرى أعم من فرضيات النظرية[19].

= دوراً هاماً في إطار هذا الكتاب فإننا نرى ضرورة الإشارة إلى اللبس. عالجت هذه المسائل بالتفصيل في:
Karl Popper, «New Foundations for Logic,» *Mind*, 56 (1947), pp. 193 ff.

(18) ولكن هذا لا يعلمنا شيئاً عن مسؤولية القضايا المتبقية في النظمة الجزئية t' في تفنيد p (غير المستقل عنها) وبالتالي لا نعلم أياً من القضايا نعدل وأياً نبقيه على حاله (لا نتكلم هنا على القضايا المتعارضة) وغالباً ما يتوقف الأمر على غريزة الباحث (والمجرب المختص) لتعيين القضايا التي يمكن الإبقاء عليها في t' والقضايا التي يقتضي تعديلها: كثيراً ما يشكل تعديل القضايا غير المؤذية ظاهرياً (لاتفاقها التام مع عاداتنا الفكرية) الخطوة الحاسمة (كتعديل آنشتاين لمفهوم التآني).

(19) انظر أيضاً الملاحظات المتعلقة «بشبه الاستقراء»، الفقرة 85 من هذا الكتاب.

[47]

الفصل الرابع

قابلية التفنيد

ستتفحص إمكانية تطبيق معيار الحد الفاصل الذي وضعناه على النظمات النظرياتية، مفترضين وجود قضايا خاصة (قضايا قاعدية) قابلة للتفنيد، وهو ما سندرسه فيما بعد ـ وسيقودنا خلافنا مع مذهب المواضعة إلى إثارة المسائل المنهجية في البدء ـ وسنحاول من ثم تمييز الخواص المنطقية لنظمات القضايا القابلة للتفنيد وفق الأسس المنهجية التي افترضناها.

19 ـ المعارضات المواضعية

يمكن لاقتراحنا باعتبار قابلية التفنيد معيار الطابع العلمي التجريبي لنظمة نظرياتية أن يثير بعض الاعتراضات من قبل المنتمين لمذهب المواضعة[1] ولقد أتيحت لنا فرصة الحديث باختصار عن هذه الاعتراضات (في الفقرات 6، 11، 17 على سبيل المثال) ولكننا نريد العودة إليها ومناقشتها عن قرب.

تنطلق الفلسفة المواضعية على ما نظن من انبهارها أمام بساطة العالم التي تكشفها لنا قوانين الطبيعة. وستبدو هذه البساطة عجيبة وغير مفهومة في نظر المواضعيين لو أخذ بوجهة النظر الواقعية التي ترى في القوانين الطبيعية البساطة

(1) أكبر ممثلي هذا الاتجاه بوانكاريه ودوهيم، وحالياً دينكلر؛ لنشر إلى الكتابات التالية من بين الكتابات الكثيرة له: Hugo Dingler: *Das Experiment: Sein Wesen und sein Geschichte* (München: E. Reinhardt, 1928), and *Der Zusammenbruch der Wissenschaft und der Primat der Philosophie* (München: E. Reinhardt, 1926).

يجب عدم الخلط بين الألماني هوغو دينكلر والإنكليزي هيربرت دينكل (Dingle). والممثل الأول للمواضعة في العالم الأنكلوساكسوني هو إيدينكتون (Eddington). يجب الإشارة هنا أيضاً إلى أن دوهيم ينكر إمكانية القيام بتجربة حاسمة لأنه يرى فيها تحققاً بينما أدعي أنها ممكنة لأني أرى فيها مفندة حاسمة. (وقد أثار دوهيم على حق أن النظم النظرياتية كلياً هي الوحيدة التي يمكن دحضها. إلا أن عدم التناظر بين التحقق والتفنيد لم يتضح له على ما يبدو وهذا ما أثر على مناقشته للتجربة الحاسمة).

الداخلية لعالم مليء، بحسب مظهره الخارجي، بكل أشكال التنوع. وقد حاولت مثالية كانط تفسير هذه البساطة بالقول إن عقلنا وإدراكنا هما اللذان يفرضان القوانين على الطبيعة. وكذلك المواضعيون فهم يعيدون البساطة وبتصميم أشد إلى [48] إبداع عقولنا. إلا أن هذه البساطة ليست تعبيراً عن قوانين عقولنا في نظرهم فالطبيعة ليست بسيطة ولكن قوانينها بسيطة وهي قوانين أبدعناها نحن بحرية، اخترعناها وأثبتناها. وليست العلوم الطبيعية بالنسبة للمواضعي صورة العالم وإنما هي بناء تجريدي. وليست خواص العالم هي التي تحدد هذا البناء ولكن البناء هو الذي يحدد خواص عالم مفاهيم مصطنع خلقناه بأنفسنا وعرفناه ضمنياً بواسطة القوانين الطبيعية التي وضعناها. ولا يتحدث العلم إلا عن هذا العالم.

ولا يمكن لأي رصد تفنيد قوانين الطبيعة التي يتصورها مذهب المواضعة، لأن هذه القوانين هي التي تحدد ما هو الرصد وما هو القياس العلمي على وجه الخصوص: إننا نضبط ميقاتنا ونقوِّم مقياس الأطوال الصلب على أساس هذه القوانين التي وضعناها. فالميقات مضبوط ومقياس الأطوال صلب إذا ما وافقت الحركات المقيسة بالاستعانة بهذين الجهازين موضوعات الميكانيك التي افترضناها[2].

إن لمذهب المواضعة فضلاً كبيراً في توضيح العلاقة بين النظرية والتجربة. فهو يعترف بالدور الذي تلعبه في إنجاز وتفسير الاختبارات العلمية الأفعالُ التي أسّسناها وخطّطنا لها بالإثبات والاستنتاج، وهو دور قلما أعاره المنطق الاستقرائي الانتباه. إننا نعتبر المذهب المواضعي مذهباً متّسقاً ومنجزاً. ولذا فلن ينجح أي نقد كامن له. ولكن هذا لا يعني أننا نتفق معه: فهو يقوم على مفهوم للعلم وعلى أهداف وغايات

---

(2) يمكن اعتبار هذا التصور محاولة لحل مشكل الاستقراء. يزول هذا المشكل إذا كانت قوانين الطبيعة تعريفات فعلاً (وتحصيل حاصل بالتالي). وهكذا وعلى سبيل المثال فإن الجملة التالية في نظر كورنيليوس (Cornelius) «إن درجة انصهار الرصاص هي 335 درجة مئوية» جزء من تعريف المفهوم «رصاص» (أوحته الخبرة الاستقرائية) غير دحوض لأننا لن نقول عن مادة أخرى تشبه الرصاص ولكنها لا تنصهر في الدرجة المذكورة إنها رصاص. انظر: Hans Cornelius, «Zur Kritik der wissenschaftlichen Grundbegriffe,» *Erkenntnis*, 2 (1931), heft 4.

أما نحن فنرى أن هذه الجملة، «إذا ما استعملت علمياً» هي قضية تركيبية تقول فيما تقول إن العنصر ذا البنية الذرية المعينة (والعدد الذري 82) ينصهر دوماً في هذه الدرجة بغض النظر عن الاسم الذي نسميه به.

ويبدو أن لـ آيدوكيفكيس (Ajdukiewicz) وجهة نظر مماثلة لوجهة نظر كورنيليوس. انظر: Kazimierz Ajdukiewicz, «Das Weltbild und die Begriffsapparatur,» *Erkenntnis*, 4 (1934), pp. 100f,

انظر كذلك في المصدر المذكور: «radikalen Konventionalismus» التي يصفها بمذهب المواضعة الراديكالية. (إضافة أثناء الطبع).

له نختلف فيها اختلافاً كبيراً عنه. فبينما لا نتطلب من العلم اليقينَ المطلقَ وبالتالي لا نبلغه يرى المواضع دينغلر في العلم «نظمة المعارف راسخة الأسس». ويمكن بلوغ هذا الهدف ما دام يمكن تفسير أي نظمة علمية كنظمة من التعاريف الضمنية. [49] ولا تقع في فترات التطور الهادئ للعلم تعارضات تذكر، ما عدا الأكاديمية المحضة منها، بين المواضع والباحث المتبني لوجهة نظرنا. ولكن الأمر يختلف في زمن الأزمات. فبينما نرى في تجارب معينة تهديداً لنظمة «تقليدية» لأننا نفسرها كتفنيد لهذه النظمة يقول المواضع إن النظمة قائمة لا يزعزعها شيء، ويعزو التناقضات القائمة إلى عدم الفهم الكافي للموضوع ويتغلب عليها بإدخال فرضيات مساعدة لهذا الغرض أو بتعديلات على أجهزة القياس.

ويتضح في أوقات الأزمات الخلاف حول الأهداف: أما نحن فنأمل، بالاستعانة بالنظمة العلمية الجديدة، التي نقيمها، اكتشاف سيرورات جديدة؛ ولذا فإننا نعير بالغ الأهمية للتجارب المفندة ونسجلها في سجل النجاح لأنها تفتح لنا آفاقاً جديدة في عالم الاختبار كما نحيِّيها عندما تقدم لنا حججاً جديدةً ضد النظرية الجديدة. ولكن المواضع لا يرى في هذا البناء الجسور الجديد الذي يحظى بإعجابنا سوى «انهيار كامل للعلم» (دينغلر). ذلك أنه لا يوجد في نظره سوى طريقة واحدة لاختيار نظمة من بين كل النظمات الممكنة ألا وهي اختيار الأبسط. وهذا يعني في غالب الأحيان: اختيار النظمة «التقليدية» من التعاريف كل مرة[3].

ولا يمكن لمناقشة نظرية في الموضوع أن تحسم النزاع بين مذهب المواضعة وبيننا. إلا أنه من الممكن استخلاص بعض الحجج من دائرة التفكير المواضعي ضد معيارنا للحد الفاصل. وهذا مثل منها: لنقبل أنه لا يمكن التحقق من صحة النظم النظرياتية للعلوم التجريبية، فهي بالتالي غير قابلة للتفنيد أيضاً. ذلك أنه يمكن دوماً «. . . الوصول في كل نظمة موضوعات إلى ما نسميه تطابقها مع الواقع»[4]، عبر وسائل مختلفة (كما شرحنا سابقاً): وضع فرضيات مخصصة لهذا الغرض؛ تعديل ما يسمى «بتعاريف المالحق» (أو التعاريف الصريحة) التي يمكن أن تحل محلها[5]؛ الشك في قدرة المجرب وإخراج الأرصاد التي قام بها والتي هددت النظمة من نطاق العلم بأن نصفها بغير الموثوقة، بغير العلمية، بغير الموضوعية، بالكاذبة وما شابه ذلك (وهو أسلوب تطبقه الفيزياء وهي محقة ضد الظواهر الخفية وعلوم التنجيم)؛

---

(3) في ما يخص مشكلة البساطة، انظر الفقرات 41 ـ 45، وخاصة الفقرة 46 من هذا الكتاب.

(4) Rudolf Carnap, «Über die Aufgabe der Physik und die Anwendung des Grundsatzes der Einfachsheit,» *Kant-Studien*, 28 (1923), p. 106.

(5) انظر الفقرة 17 من هذا الكتاب.

وأخيراً الشك في حصافة النظري (الذي لا يعتقد، كما يفعل دينغلر، أنه من الممكن يوماً ما اشتقاق النظرية الكهربائية من قوانين التثاقل النيوتونية).

[50] كما أنه لا يمكن وفق الرؤيا المواضعة تقسيم النظمات النظرياتية إلى قابلة للتفنيد وغير قابلة للتفنيد، أي أن هذا التقسيم ليس تقسيماً واضحاً وصريحاً. وبسبب هذا الغموض فإن معيار قابلية التفنيد ليس بمعيار الحد الفاصل الملائم.

20 - القواعد المنهجية

وكما أنه لا يمكن دحض مذهب المواضعة لا يمكن دحض حجج المواضعين أساساً. وبداية إن معيار قابلية التفنيد ليس صريحاً في واقع الأمر لأننا لا نستطيع الحسم، بواسطة تحليل الشكل المنطقي لنظمة قضايا ما، فيما إذا كانت نظمة مواضعية، أي نظمة تعاريف ضمنية لا تتزعزع، أو نظمة تجربية بحسب مدلولنا، أي نظمة دحوضة. ولكن هذا لا يبيّن إلا شيئاً واحداً وهو عدم إمكانية تطبيق معيار الحد الفاصل مباشرة على نظمات القضايا - وهو أمر أشرنا إليه في الفقرتين 9 و 11. ولهذا فإن طرح السؤال على هذا النحو هل النظمة كنظمة مواضعية أم تجربية طرح باطل: لا يمكن الحديث عن النظرية المواضعية أو النظرية التجربية إلا بأخذ الطريقة بعين الاعتبار. ولا نتجنب مذهب المواضعة إلا باتخاذ القرار التالي: لن نطبق طرقه ولن ننقذ نظمة ما في حالة تهديدها، بالمناورات المواضعية أي أننا لن نحاول وفي كل الأحوال «... الوصول إلى ما نسميه تطابقها مع الواقع»[*1].

لقد أعطى بلاك (J. Black) - مئة عام قبل بوانكاريه - فكرة عما نربحه (وعما نخسره أيضاً) بفضل الطرق المواضعية قائلاً «يتيح التطبيق الحاذق لشروط معينة جعل الظواهر تتطابق تماماً مع الفرضيات. وفي هذا ما يرضي تماماً مخيلتنا ولكنه لن يوسع معرفتنا»[6].

ويجب علينا لإيجاد قواعد منهجية تقف أمام المناورات المواضعية التعرف على مختلف الإمكانات التي تأخذها الإجراءات المواضعية واتخاذ التدابير الملائمة و«المعادية للمواضعية» لمنعها. وعلينا كذلك وفي كل مرة تثبت لدينا هذه الإجراءات المواضعية تجديد العزم على إعادة مراقبة النظمة وعلى رفضها إذا اقتضى الأمر.

(*1) يكتب هانز آلبرت (Hans Albert) بدلاً من المناورات المواضعية، وعلى نحو أفضل، بإعطائها الحصانة.

(6) Joseph Black, *Vorlesungen über die Grundlehren der Cheme = Lectures on the Elements of Chemistry* ([Hamburg]: Crell, 1804), vol. 1, p. 243.

لقد أحصينا في آخر الفقرة السابقة أربع مناورات أساسية للمواضعة. ونحن لا ندعي أن هذا يشكل قائمة كاملة ولذا فإن على الباحث توخي الحذر باستمرار من [51] مناورات جديدة، ويصح هذا على الباحث الاجتماعي والنفسي على وجه الخصوص (كالمحللين النفسيين مثلاً) لأن الأمر واضح بالنسبة للفيزيائي على ما نظن.

وفي ما يتعلق بالفرضيات المساعدة فإننا نرى ألا نقبل منها إلا تلك التي ترفع درجة قابلية تفنيد النظمة وأن نرفض الفرضيات التي تخفض هذه الدرجة (سندرس في الفقرات 31-40 كيفية تقدير هذه الدرجة) لأن رفع درجة قابلية التفنيد إنما هو تحسين للنظمة: تحظر النظمة الآن أكثر مما كانت تفعل قبل إدخال الفرضية المساعدة إليها. أو بتعبير آخر إننا نرى في الفرضية المساعدة وفي كل الأحوال محاولة بناء نظمة جديدة يجب الحكم عليها بحسب ما يمكن أن تمثله من تقدم للعلم. والمثل النموذجي على فرضية مساعدة مقبولة بهذا المعنى هو حظر باولي (Pauli)[7]. والمثل المعاكس على فرض غير مقبول فرضية التقلص للورانتس (Lorentz) ـ فيتزجيرالد (Fitzgerald) التي لا يستتبعها أي نتيجة قابلة للتفنيد[*2]. وكل ما فعلته هو إعادة التوافق بين النظرية والتجربة (تجربة مايكلسون). أما التقدم الحقيقي فقد أنجزته نظرية النسبية الخاصة لأنها تنبأت بنتائج جديدة، بمفاعيل جديدة وفتحت بذلك الباب أمام إمكانات جديدة للتحقق أو للتفنيد. لنلاحظ إتماماً للقاعدة التي أعطيناها أنه ليس من الضروري رفض كل الفرضيات المساعدة غير المرضية كفرضيات مواضعية. فهناك على وجه الخصوص فروض فردية لا تنتمي فعلاً إلى النظمة النظرياتية، وتسمى مع ذلك فرضيات مساعدة؛ وهي وإن كانت على غير صلة نظرية بالنظمة إلا أنها ليست بالخطيرة (مثلاً أن نقوم برصد لا يستعاد نفرضه خطأً تجريبياً)[8].

ويُسمح إذا اقتضى الأمر بإدخال تعديلات على التعاريف الصريحة المذكورة في الفقرة 17، حيث نلحق بنظمة ما مفاهيم نعرفها بمستوى عامية أكثر انخفاضاً. ولكن يجب النظر إلى هذا التعديل كتغيير للنظمة وكبناء جديد. ويجب التمييز فيما يخص الكليات غير المعرَّفة بين إمكانيتين: (1) توجد مفاهيم غير معرَّفة لا تطرأ إلا

---

(7) انظر الفقرة 38 من هذا الكتاب.

(*2) هذا خطأ كما أشار إلى ذلك أ. كرونباوم (A. Grünbaum) في: Adolf Grünbaum, «The Falsifiability of the Lorentz Fitzgerald Contradiction Hypothesis,» *British Journal for the Philosophy of Science*, 10 (1959), pp. 48-50.

لفرضية التقلص نتائج قابلة للتفنيد (إلا أنها بطبيعة الحال أقل قابلية للتحقق من نظرية النسبية الخاصة، وهي بذلك تعطينا مثلاً على وجود درجة الاستيفاء بالغرض Ad-hoc-heit).

(8) انظر الهامش رقم (30)، الفقرة 8، وكذا الفقرتين 27 و68 من هذا الكتاب.

في القضايا ذات أعلى مستويات العامية، يحدد استعمالها معرفتنا بنوع العلاقات المنطقية التي تربطها بمفاهيم أخرى؛ يمكن حذف هذه المفاهيم في سياق الاستنتاج (مثلاً: «الطاقة»)[9]. (2) هناك أيضاً مفاهيم غير معرفة تقع في قضايا [52] ذات مستوى عاميةٍ منخفض وتحدد اللغة الشائعة استعمالها (مثلاً: «الحركة»، «النقط المادية»، «الوضع»). يجب حظر التعديل غير المراقب للاستعمال الشائع، والقيام به عند الاقتضاء وفق الإجراءات التي ذكرناها.

وأخيراً في ما يتعلق بالنقطتين الأخيرتين وبالشك في قدرة المجرب أو النظري فسنسير على نفس النهج: إذا كان مفعول ما قابلاً للتحقق البيذاتي منه فإننا نتقبله أو نعد لتجربة مضادة. أما أن ننتظر مكتوفي الأيدي الاشتقاقات التي ستكشف لنا عما نريد فلا يعنينا بشيء.

21 ـ الدراسة المنطقية لقابلية التفنيد

يجب أن لا نتوخى الحذر من المناورات المواضعية إلا في النظمات قابلة التفنيد وفق الإجراءات المنهجية التجريبية. سنفرض هنا أننا تجنّبناها لنتساءل عن التخصيص المنطقي للنظمات قابلة التفنيد. يمكننا عندئذ التعرف على قابلية تفنيد نظرية ما كعلاقة منطقية بين النظرية وقضايا القاعدة.

سنتحدث مفصلاً في وقت لاحق عن القضايا الفردية التي سمّيناها قضايا القاعدة وعن مسألة قابليتها للتفنيد مكتفين هنا بافتراض وجود قضايا قاعدة قابلة للتفنيد. ولنلاحظ أننا لا نعني بقضايا القاعدة نظمة قضايا معترف بها وإنما نظمة تتضمن كل القضايا الخاصة غير المتناقضة من شكل معين ـ أو إن صح القول كل بيانات الوقائع التي تخطر في الذهن فهي تتضمن بالتالي قضايا متناقضة في ما بينها.

قد يحاول المرء بادئ ذي بدء القول عن نظرية ما إنها تجريبية إذا ما أمكن اشتقاق قضايا خاصة منها، وهي محاولة مآلها الفشل لأن اشتقاق قضايا خاصة يتطلب قضايا خاصة أخرى هي الشروط على الحدود التي نستبدل متغيرات النظرية بها. وحتى لو أضفنا الشروط على الحدود وقلنا عن نظرية ما إنها تجريبية إذا ما أمكن اشتقاق قضايا خاصة منها بفضل الاستبدال بالقضايا الخاصة فلن يحالفنا

---

(9) انظر مثلاً: B. Hahn, «Logik, Mathematik und Naturekennen,» *Einheitswissenschaft*, 2 (1933), pp. 22 ff.

نود أن نلاحظ هنا أنه لا يوجد، على ما نرى، حدود «قابلة للإنشاء»، أي «قابلة للتعريف التجريبي». أما نحن فنضع عوضاً منها الكليات غير المعرفة التي أثبتها الاستعمال اللغوي.

التوفيق، لأن هذا يصح على النظريات غير التجربية. يمكن على سبيل المثال أن نشتق من قضايا تحصيل حاصل بربطها بقضايا خاصة قضايا خاصة دوماً (يمكننا على سبيل المثال أن نستتبع بحسب قواعد المنطق من ترافق «اثنين مضروبة باثنين تساوي أربعة» «وهنا غراب أسود»: «هنا غراب»). ثم ولو تطلبنا من النظرية مضافاً إليها الشروط على الحدود قابلية اشتقاق عدد أكبر من القضايا مما لو كانت الشروط على الحدود وحدها فإن هذا غير كاف أيضاً لأنه، وإن جنبنا نظريات تحصيل الحاصل، فلن يخلصنا من القضايا التركيبية-الميتافيزيائية (مثلاً من «لكل حادث سبب» و«وحدثت كارثة هنا» نستنتج أن «لهذه الكارثة سبباً»).

وهذا ما يقودنا إلى التطلب من النظرية إتاحة اشتقاق قضايا خاصة (فردية) تجربية منها بعدد أكبر مما يمكن اشتقاقه من الشروط على الحدود وحدها. وهذا [53] يعني وجوب استناد تعاريفنا إلى صف معين من القضايا الخاصة، القضايا القاعدية على وجه التحديد[3*]. ونظراً لأنه ليس من السهل معرفة كيفية عمل نظمة نظرية معقدة لاشتقاق قضايا قاعدية فإننا نختار التعريف التالي: نقول عن نظرية إنها «تجربية» أو «قابلة للتفنيد» إذا قسمت صف كل القضايا القاعدية على نحو متواطئ

(3*) اقترحت صياغات عديدة مكافئة للصياغة هنا منذ نشر كتابي كمعيار لمدلول القضايا (بدلاً من كونها معياراً للحد الفاصل للنظمات النظرية). وفعل ذلك أيضاً نقاد كانوا ينظرون من عل لمعيار الحد الفاصل الذي وضعته. إلا أنه واضح تماماً أن الصياغة هنا مكافئة لتطلب قابلية التفنيد شريطة استعمالها كمعيار للحد الفاصل. ذلك أنه إذا كانت القضية القاعدية b_2 لا تشتق من القضية b_1 وحدها وإنما من ترافق b_1 والنظرية t (وهذه هي صياغة النص) فإن هذا يعادل قولنا إن ترافق b_1 ونفي b_2 يناقضان النظرية. وهذا الترافق بين b_1 ونفي b_2 هو قضية قاعدية، انظر الفقرة 28 من هذا الكتاب. ومن هنا فإن معيارنا يتطلب وجود قضية قاعدية مفندة وهذا يعني أنه يقضي بقابلية التفنيد على وفاق تام مع المدلول الذي نعطيه. انظر أيضاً الهامش رقم (12*)، الفقرة 82 من هذا الكتاب.

إلا أن هذا التطلب لا يناسب كمعيار للمدلول (أو قابلية التحقق الضعيفة من الصحة) لأسباب مختلفة. أولاً لأن القضايا النافية لقضايا عديدة ذات مدلول ستصبح عديمة المدلول حسب هذا المعيار، وثانياً لأن ترافق قضية ذات مدلول مع قضية ظاهرية عديمة المدلول ذو مدلول بحسب هذا المعيار وهما أمران خلفيان.

وإذا ما طبقنا هذين الاعتراضين على معيارنا للحد الفاصل فإنهما لن يؤثرا فيه. انظر فيما يتعلق بالاعتراض الأول الفقرة 15 أعلاه وخاصة الهامش رقم (7*)، وكذلك الفقرة 22* في: Karl Popper., *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

أما فيما يخص الاعتراض الثاني نقول إن من الممكن أن تتضمن نظرية تجربية (كنظرية نيوتن) عناصر «ميتافيزيائية». وهي عناصر لا يمكن التخلص منها بحسب قاعدة مضبوطة ما. ولكننا إذا نجحنا في تمثيل النظرية كترافق لجزءين أحدهما قابل للتحقق منه والآخر غير قابل (ولا طائل منه) فإننا سنعلم بطبيعة الحال أن بإمكاننا حذف مركبة من المركبات الميتافيزيائية للنظرية.

يمكن اعتبار المقطع السابق لهذا الهامش كمثل عملي لقاعدة منهجية، انظر نهاية الهامش رقم (9*)، الفقرة 80 من هذا الكتاب. علينا، بعد أن أخضعنا نظرية منافسة للنقد، القيام بعمل كل ما يلزم لتطبيق كل الاعتراضات الناقدة أو مثيلاتها على نظريتنا نفسها.

إلى صفين جزئيين غير فارغين: صف القضايا التي تتناقض معها، صف القضايا «التي تحظرها» ونسميه صف إمكانات تفنيد النظرية؛ وصف القضايا التي لا تتناقض معها، صف القضايا «التي تسمح بها»، وباختصار فإن النظرية قابلة للتفنيد إذا كان صف إمكانات تفنيدها غير فارغ.

ونلاحظ هنا أن النظرية لا تنطق إلا عن صف إمكانات تفنيدها [فهي تدعي بطلان كل إمكانات تفنيدها]. ولا تقول شيئاً عن الصف الآخر المسموح به، وهي [54] لا تقول على وجه الخصوص إن قضايا هذا الصف «صحيحة»[4*].

22 ـ قابلية التفنيد والتفنيد

يجب التمييز بوضوح بين قابلية التفنيد والتفنيد. لقد طرحنا قابلية التفنيد كمعيار ليس إلا للطابع التجريبي لنظمة قضايا ما. ويجب علينا وضع قواعد تحدد متى يمكن اعتبار النظمة مفندة.

نقول عن نظرية ما إنها فندت في حالة واحدة وهي عندما نعترف بقضايا قاعدية تتناقض وهذه النظمة[10]. وهذا شرط لازم ولكنه غير كافٍ فقد رأينا أن الظواهر الفردية غير المستعادة، كما أشرنا إلى ذلك مراراً، لا تكتسي أي أهمية علمية. وكذلك الأمر عندما تناقض النظرية بعض القضايا القاعدية المنفردة فإنها غير كافية لاعتبار النظرية مفندة. إن ما يفندها فعلاً هو وجود مفعول داحض للنظرية. أو بعبارة أخرى: إذا ما وضعت فرضية تجريبية (توصِّف هذا المفعول) مستوى عاميتها أكثر انخفاضاً تناقض النظرية، وجرى التحقق من صحتها. نسمي هذا النوع من الفرضيات بالفرضيات المفندة[11]. وإذا ما تطلبنا لزوم قابلية التفنيد

(4*) تتناقض في الواقع كثير من القضايا القاعدية «المسموح بها» في إطار نظرية ما فيما بينها. انظر الفقرة 38 من هذا الكتاب. وهكذا وعلى سبيل المثال تشكل كل مجموعة من ثلاثة أوضاع لكوكب ما حجة فرعية للقانون العام «تتحرك كل الكواكب على دوائر» (أي أن كل مجموعة من أوضاع الكوكب تقع على نفس الدائرة). ولكن حجتين فرعيتين من هذا النوع ستعارضان معاً القانون في غالب الأحيان.

(10) انظر الفقرة 11 من هذا الكتاب، القاعدة (2).

(11) يمكن أن تكون الفرضية المفندة من مستوى منخفض جداً من العامية لنقل تلك التي نحصل عليها بجعل الإحداثيات الفردية لنتيجة رصد ما «سارية المفعول» من نوع «الوافع» الماخي الذي تحدثنا عنه في الفقرة 18. ولكنها لن تكون في أي حال قضية عامة مضبوطة ولو أمكن التحقق البيذاتي منها. وهكذا تكفي لتفنيد القضية «كل الغربان سوداء» القضية قابلة التحقق البيذاتي منها: تعيش في حديقة الحيوانات كذا عائلة من الغربان البيضاء الخ.* وهذا يرينا مدى ضرورة استبدال فرضية فندت بأخرى أفضل منها: وكثيراً ما يكون لدينا قبل تفنيد فرضية ما فرضية أخرى معدة على الرف. ذلك أن التجربة المفندة تجربة حاسمة عادة يقع عليها البت بين الفرضيتين أي أن التجربة قد أعدت بالأخذ بعين الاعتبار بالفروق بين الفرضيتين وباستعمال هذه المعطيات لدحض إحداهما على الأقل.

التجربي لهذه الفرضية فإننا لا نقصد بذلك إلا علاقتها المنطقية بقضايا قاعدية ممكنة. أي أن هذا التطلب مرتبط بالشكل المنطقي للفرضية. وعلى العكس من ذلك فإن التأكد من صحة الفرضية وتعزيزها لا يقوم إلا على فحصها بواسطة قضايا قاعدية معترف بها[*5].

[55] وهكذا تقوم القضايا القاعدية بدورين مختلفين: فهي من جهة نظمة كل قضايا القاعدة الممكنة منطقياً التي تتيح لنا، كنظمة علاقات، تمييز شكل القضايا التجربية منطقياً. وهي من جهة أخرى، عندما نعترف بها، أساس تعزيز الفرضيات. وإذا ما تناقضت قضايا قاعدية معترف بها مع نظرية ما فقد أصبحت أساساً للتفنيد شريطة أن تؤكد صحة فرضية مفندة في آن.

23 ـ الأحداث والسيرورات

لقد قسمنا في البداية وإن لم يكن ذلك على نحو صريح تطلب قابلية التفنيد إلى جزأين. وتغطي الجزء الأول من هذا التطلب، التطلبات المنهجية، غشاوة من عدم التحديد[12]. أما الجزء الثاني، المعيار المنطقي فهو محدد تماماً حالما يعلن عن القضايا التي سنسميها قاعدية[13]. وقد عرضنا هذا المعيار المنطقي حتى الآن شكلياً إلى حد ما كعلاقة منطقية بين القضايا ونعني بين النظرية وقضايا القاعدة. ونود هنا التعبير عن معيارنا هذا على نحو «واقعي» يكافئ التعبير الشكلي ولكنه يقرب فهمه إلى الأذهان ويلائم العادات.

(*5) قد تبدو المرجعية إلى قضايا قاعدية معترف بها كأنها نواة لتقهقر غير منته، فالمشكل هنا هو التالي: لما كانت الفرضية تفند بقبول قضية قاعدية فإننا بحاجة لقواعد منهجية للاعتراف بالقضايا القاعدية. وبما أن هذه القواعد بدورها تقوم على قضايا قاعدية فمن الممكن أن نصل إلى تقهقر غير منته. أجيب عن هذا بالقول إن القواعد التي نحتاج إليها هي فقط القواعد للاعتراف بالقضايا القاعدية التي تفند فرضية معينة مختبرة بشكل جيد وناجحة حتى الآن. أما القضايا القاعدية المعترف بها التي تعتمد عليها القواعد نفسها فلا نحتاج إلى هذه الخاصة. ثم إن القاعدة المعطاة في النص ليست شاملة في أي حال. وقد اكتفت بالإشارة إلى أحد المظاهر الهامة للاعتراف بالقضايا القاعدية التي تفند فرضية ناجحة حتى الآن.

طرح الأستاذ ج. هـ. ودكر (J. H. Woodger) في مراسلة شخصية السؤال التالي: ما هو عدد المرات التي يجب أن يستعاد فيها مفعول ما كي نستطيع فعلاً تقويمه كمفعول مستعاد (أو كاكتشاف)؟ والجواب هو «ليس التكرار ضرورياً في أغلب الأحيان. عندما أدعي أن في حديقة الحيوانات كذا عائلة غربان بيضاء فإنّ ادعائي قابل للتحقق منه مبدئياً. وإذا أراد أحدهم التحقق من هذا الادعاء وأخبر حين وصوله إلى الحديقة المذكورة أن الغربان قد ماتت، أو أنه لم يسمع عنها قط، عندئذ يعود إليه أمر قبول أو رفض قضيتي القاعدية المفندة. ولديه، بصورة عامة، وسائل تمكنه من اتخاذ موقف كالشهود والوثائق الخ، أي اللجوء إلى وقائع أخرى قابلة للتحقق البيذاتي منها والمستعادة. انظر الفقرات 27-30 من هذا الكتاب.

(12) انظر الفقرة 20 من هذا الكتاب.

(13) انظر الفقرة 28 من هذا الكتاب.

يمكن القول مستعملين التعبير الواقعي إن القضية الخاصة (القضية القاعدية) تمثل أو توصف حدثًا (منفرداً). وهكذا بدلاً من الكلام عن القضايا القاعدية التي تحظرها النظرية يمكننا القول إن النظرية تحظر وقوع أحداث معينة أي أن وقوعها يفند النظرية.

[56] يخلق استعمال التعبير «الحدث» بعض المشاكل مما جعل البعض يقترح[14] حذف هذا التعبير كلياً من مناقشات منطق المعرفة والكلام بدلاً من «وقوع» أو «عدم وقوع» الحدث على «صحة» أو «بطلان» القضايا. إلا أننا نفضل الإبقاء على هذا التعبير وتعريفه بحيث لا يثير استعماله أي اعتراض بحيث نستبدل قول حدث بقول قضايا (خاصة) مقابلة له.

نعتمد في تعريفنا لمفهوم الحدث على العادة الشائعة التي تقول عن قضيتين (خاصتين) متكافئتين إنهما تصفان أو تمثلان نفس الحدث. وهذا ما يوحي بإعطاء التعريف التالي. لتكن p_k قضية خاصة (يشير الدليل k إلى المفردات أو إلى الإحداثيات الفردية الحاصلة). نسمي صف القضايا المكافئة للقضية p_k الحدث P_k. وهكذا وعلى سبيل المثال فإن «ترعد الآن هنا» حدث. ونعتبره مكافئاً لصف القضايا: «ترعد هنا الآن» أو «ترعد في فينا في المقاطعة 13 في العاشر من حزيران 1933 في الساعة 17 و15 دقيقة» ولكل القضايا الأخرى المكافئة لها. وهكذا يمكننا فهم الصيغة الواقعية «تمثل القضية p_k الحدث P_k» (أو تصف الحدث P_k) على أنها تعني الشيء نفسه الذي تعبر عنه الغثاثة: «إن القضية p_k عنصر من صف القضايا P_k المكافئة لها». وعلى نفس النحو نعتبر أن للقضية «وقع الحدث P_k» نفس معنى القضية «p_k وكل ما يكافئ p_k صحيح».

ليس الغرض من قواعد الترجمة هذه الادعاء أن من يستعمل كلمة حدث بحسب طريقة التعبير الواقعية يفكر في فعله هذا بصف قضايا وكل ما نريده هو إعطاء تفسير للتعبير الواقعي يجعلنا نفهم معنى القول إن حدثاً ما P_k ينقض النظرية t. نفهم الآن بسهولة أن ما تنطق به هذه القضية هو أن كل قضية مكافئة لـ p_k تتناقض مع النظرية t: أي يمكنها أن تكون مفندة لهذه النظرية.

---

(14) وخاصة بعض نظريي حساب الاحتمالات، انظر: John Maynard Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit = A Treatise on Probability* (Leipzig: Joh. Ambr. Barth, 1926), p. 3.

يرجع كينيز إلى أنسيلون (Ancillon) كأول كاتب يقترح طريقة الكلام (الشكلي). كما يرجع إلى بول (Boole)، كزوبر (Gzuber) وشتومبف (Stumpf). * ومع أني لا أزال أعتبر تعريفيَّ («النحويين») للحدث والسيرورة ملائمين للغرض الذي أتوخاه منهما فإني لم أعد أعتبرهما مناسبين حدسياً وأقصد بذلك أني لم أعد أدعي أنهما يمثلان التعامل اللغوي المتعارف عليه أو المعاني المقصودة. وقد نبهني آلفرد تارسكي (في باريس 1935) أن المطلوب هو تعريف «دلالي» وليس تعريفاً «نحوياً».

ونريد كذلك إدخال تعبير جديد، السيرورة، للدلالة على ما في الحدث من نموذجية أو كلية، أو على ما يمكن أن يوصف فيه بواسطة المفاهيم العامة (يختلف [57] فهمنا لهذه الكلمة سيرورة، إلى حد ما عن الاستعمال اللغوي العادي. فنحن لا نقصد بها حدثاً معقداً نوعاً ما). نقول تعريفاً إن السيرورة P هي صف كل الأحداث P_k، P_l . . . التي لا تتميز من بعضها إلا باختلاف المفردات [الوضع في الفضاء ـ الزمان][15] سنقول على سبيل المثال عن القضية «الآن وهنا انقلب كأس ما» إنها عنصر من السيرورة «انقلب كأس ماء».

نقول عن القضية الخاصة p_k الممثلة للحدث P_k في أسلوب التعبير الواقعي إنها تدعي حدوث السيرورة (P) أو إجراءها في الموضع k من الفضاء ـ الزمان. ولهذه الصياغة نفس معنى القول إن الصف P_k للقضايا المكافئة لـ p_k هو عنصر من السيرورة (P).

يمكننا القول باستعمال هذه المصطلحات[16] عن النظرية قابلة التفنيد أنها لا تحظر حدثاً وحده وإنما، على الأقل، سيرورة؛ وهكذا فإن صف القضايا القاعدية المحظورة، أي إمكانات تفنيد النظرية، سيحتوي إذا لم يكن فارغاً، عدداً غير محدود من القضايا القاعدية، نظراً لأن النظرية لا ترتبط بالمفردات. سنسمي القضايا الخاصة (القضايا القاعدية) التي تنتمي إلى نفس السيرورة «متماذجة» (على شاكلة القضايا «المتكافئة» التي تنتمي إلى نفس الحدث). ونقول عندئذ: يحتوي كل صف غير فارغ من إمكانات تفنيد نظرية ما على صف غير فارغ على الأقل من القضايا القاعدية المتماذجة.

لنتخيل صف كل القضايا القاعدية الممكنة على شكل دائرة. يمكننا اعتبار سطح الدائرة كتجسيد لكل عوالم الاختبار («العوالم الواقعية التجريبية»). ولنتخيل أننا مثلنا السيرورات بأنصاف أقطار الدائرة والأحداث (النقاط) التي تقع في نفس المفردات، في نفس الموضع من الفضاء-الزمان، بمحيط دائرة متحدة المركز مع

---

(15) انظر الفقرة 13 من هذا الكتاب.

(16) تجدر الإشارة إلى أنه وإن كان صحيحاً أن القضايا الخاصة تمثل أحداثاً فإن القضايا العامة لا تمثل «سيرورات» وإنما تمنع السيرورات. ـ يمكن تعريف مفهوم الانتظام القانوني بالتماثل مع مفهوم الحدث ـ بالقول إن القضايا العامة تمثل الانتظام القانوني. ولكننا لا نحتاج إلى هذا التعريف هنا لأن ما يهمنا هو ما تمنعه القضايا العامة وبالتالي فلا مجال للحديث في نظرنا عن وجود أو عدم وجود انتظام قانوني (حالة الأشياء الكلية). * ومع ذلك فسنعالج هذه المسألة ونظيراتها في الفقرة 79 والملحق التاسع* من هذا الكتاب وفي الفقرة 15* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

الدائرة الكبرى. يمكننا عندئذٍ تمثيل شرط قابلية التفنيد لنظرية تجريبية ما بتطلب وجود نصف قطر على الأقل تمنعه النظرية.

تساعدنا هذه الصورة أيضاً على توضيح الطابع الميتافيزيائي للقضايا الكلية الوجودية التي تحدثنا عنها في الفقرة 15[*6]: سيقابل كلاً منها نصف قطر، أي [58] سيرورة تؤكد صحتها كل من القضايا القاعدية «يوجد» المنتمية إلى هذه السيرورة، إلا أن صف إمكانات تفنيد السيرورة فارغ: أي أنه لا ينتج من القضية الكلية الوجودية أي شيء يتعلق بعوالم الاختبار الممكنة لأنها لا تمنع أي نصف قطر. ولا يمكن استعمال العكس بالقول إنه يتبع كل قضية قاعدية قضية كلية وجودية كحجة تؤيد الطابع التجربي لهذه الأخيرة: إن كل تحصيل حاصل ينتج أيضاً من قضية قاعدية لأنه ينتج من أي قضية إطلاقاً.

لا بد هنا من إبداء الملاحظة التالية عن التناقض: فبينما لا تدعي تحصيلات الحاصل والقضايا الكلية الوجودية وغيرها من القضايا غير القابلة للتفنيد إلا قليلاً، إن صح التعبير، في كل ما يخص صف القضايا القاعدية الممكنة، فإن كثيراً ما يؤكده التناقض. وبما أنه من الممكن اشتقاق أي قضية بما في ذلك القضايا القاعدية من أي تناقض[*7] فيصح القول إن صف إمكانات تفنيده تتطابق مع كل

(*6) سنستعمل هذه الصورة على وجه الخصوص في الفقرة 31 الآتية وما يليها.

(*7) لم يُعترف بهذا الأمر حتى بعد مرور عشر سنوات على نشر هذا الكتاب. لنلخص الموقف على النحو التالي: تتضمن قضية باطلة في الواقع كل قضية مادياً. (ولكنها لا تتضمن منطقياً كل قضية). وتتضمن قضية باطلة منطقياً كل قضية. بمعنى أنه يمكن اشتقاق أي قضية من قضية باطلة منطقياً. ولذا فمن الضروري بطبيعة الحال التمييز بين القضية الباطلة واقعياً (تركيبية) والقضية الباطلة منطقياً (متناقضة) أي قضية يمكن أن ينتج منها قضية من الشكل $p.\bar{p}$.

ولتبيان تضمن القضية المتناقضة كل قضية منطقياً نقوم بما يلي:

ينتج عن القضايا البدائية لروسيل بسهولة أن

(1) $(q \vee p) \leftarrow p$

ثم بتبديل p بـ $\bar{p}$ وبعدها $q \vee \bar{p}$ بـ $q \leftarrow p$

(2) $(q \leftarrow p) \leftarrow \bar{p}$

ثم من (1) و (2) فإن

(3) $q \leftarrow \bar{p} . p$

تسمح العلاقة (3) بالاستعانة بـ Modus ponens باشتقاق قضية لا على التعيين q من القضية ذات الشكل $p.\bar{p}$ أو $\bar{p}.p$. انظر أيضاً: Karl Popper: «Are Contradictions Embracing?,» *Mind*, 52 (1943), pp. 47 ff., and *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, pp. 317 ff.

اعتبر ب. ب. فينر (P. P. Wiener)، على حق، إمكانية اشتقاق أي شيء من مقدمات متناقضة أمراً معروفاً. انظر: Paul Schilpp, ed., *The Philosophy of Bertrand Russel*, The Library of Living Philosophers; 5 (Evanston; Chicago, IL: Northwestern University, 1944), p. 264.

والغريب في الأمر أن روسيل أبدى شكوكاً في الأمر في إجابته لفينر، انظر المصدر السابق، ص 695. =

القضايا القاعدية الممكنة: إن أي قضية تفنده. (قد يمكن القول إن هذا يكشف عن ميزة اعتبارنا لإمكانات التفنيد بدلاً من إمكانات التحقيق: لأنه لو أمكن تحقيق قضية بتحقيق توابعها أو لو أمكن جعلها محتملة لأدى ذلك إلى تحقيق أي تناقض أو إلى جعله محتملاً نتيجة الاعتراف بأي قضية قاعدية).

24 ـ قابلية التفنيد والاتساق (عدم التناقض) [59]

يحتل الاتساق وضعاً خاصاً، بين كل التطلبات التي يجب فرضها على نظمة نظرية (نظمة موضوعاتية). ويمكن النظر إليه كأعلى تطلب موضوعاتي أساسي على كل نظمة سواء أكانت تجريبية أم غير تجريبية الاستجابة له.

ولا يكفي لتبيان الأهمية القصوى لهذا التطلب القول ببساطة إن النظمة المتناقضة نظمة مرفوضة لأنها باطلة. لأننا كثيراً ما نتعامل مع قضايا «باطلة» في الواقع ولكن نتائجها كافية لتحقيق بعض الأغراض[*8] (على سبيل المثال معادلة نرنست (Nernest) التقريبية لتعادل الغازات). ولكن معنى الاتساق يتضح تماماً عندما نأخذ بعين الاعتبار أن نظمة القضايا المتناقضة غير ناطقة إذ يمكن أن نشتق منها كل الاستتباعات التي نشاء؛ ولا تتميز القضية فيها بسبب عدم مواءمتها أو بسبب قابلية اشتقاقها، فكل قضية قابلة للاشتقاق. وعلى العكس من ذلك تفصل النظمة المتسقة مجموعة القضايا الممكنة إلى مجموعتين جزئيتين الأولى تناقضها والأخرى توائمها (من قضايا هذه المجموعة الجزئية كل القضايا المستتبعة مباشرة من النظمة). ولهذا فإن الاتساق هو أعم معيار لصلاحية استعمال نظمة قضايا سواء أكانت النظمة تجريبية أو غير تجريبية.

يجب على القضايا التجريبية أن تستوفي بالإضافة إلى شرط الاتساق شرطاً آخر: يجب أن تكون قابلة للتفنيد والشرطان متماثلان إلى حد بعيد[17]: فالقضايا التي لا تستوفي شرط قابلية التفنيد لا تميز أي قضية من مجموعة كل القضايا (القاعدية) التجريبية.

= إلا أنه تكلم على القضايا الباطلة بينما كان فينر يتكلم على المقدمات المتناقضة.

(*8) انظر الفقرة *3 (جوابي على الاقتراح الثاني)، والفقرة *12، النقطة (2) في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(17) انظر الحاشية في: Karl Popper, «Ein Kriterium des Empirischen Charakters Theorethischer Systeme,» *Erkenntnis*, 3 (1933), p. 426.

* وقد أعيد طبعها في الملحق الأول* أدناه.

[60]

الفصل الخامس

مشاكل القاعدة

أعدنا مسألة قابلية تفنيد النظريات إلى مسألة تفنيد بعض القضايا الخاصة التي سميناها القضايا القاعدية. ولكن إلى أي نوع من القضايا الخاصة تنتمي هذه القضايا؟ وكيف سنتمكن من تفنيدها؟ لا شك في أن هذه الأسئلة لا تقض مضجع الباحث العملي كثيراً إلا أن ما يدعونا إلى مناقشتها بالتفصيل هنا هو كل أشكال الغموض وسوء التفاهم التي تحيط بها.

25 ـ الإدراك الحسي كقاعدة (النفساناتية)

يقبل كثيرون الأطروحة القائلة إن العلوم الاختبارية ترجع إلى تقويم حواسنا، إلى إدراكنا الحسي وكأنها أمر مفروغ منه. تنبني هذه الأطروحة على المنطق الاستقرائي وتسقط معه ونحن نرفضهما معاً وإن كنا لا ننكر أن في القول إن الرياضيات والمنطق يقومان على العقل بينما تقوم العلوم الواقعية على تقويم حواسنا شيئاً من الصحة. إلا أن هذا لا يعنينا في نظرية المعرفة. ونعتقد أن الخلط بين وجهات النظر النفسانية والمنطقية قد خلق مشاكل في مسألة أسس العلوم الاختبارية لا مثيل لها في أي مسألة من مسائل نظرية المعرفة.

لم تشغل مشكلة أسس العلوم الاختبارية بال مفكر بقدر ما شغلت فريز (Fries)[1]: إذا أردنا ألا نقبل قضايا العلم على نحو دوغماتي فعلينا تأسيسها. وإذا أردنا تبريرها على أساس منطقي فإننا سنرجع القضايا وعلى الدوام إلى قضايا أخرى أي أن تطلب التأسيس المنطقي (حكم البرهان كما يقول فريز) يقود إلى تقهقر لا منته. وهكذا فلن يبقى لدينا إذا ما شئنا تجنب الدوغماتية والتقهقر اللا منتهي إلا

(1) Jakob F. Fries, *Neue oder anthropologische Kritik der Vernunft*, 1828-1831.

المذهب النفسي، إلا القبول أنه يمكن إضافة إلى بناء القضايا على قضايا أخرى بناؤها على الإدراك الحسي. لقد تبنى فريز النفسانانية ومعه الغالبية الساحقة لنظريي [61] المعرفة الذين يريدون تبرير التجربية أمام هذا الإحراج الثلاثي (الدوغماتية ـ والتقهقر اللا منتهي ـ والقاعدة النفسانية). وعلمنا أن الاختبار التجربي، أن الإدراك الحسي هو «معرفة مباشرة»[2] نستطيع بواسطتها تبرير معرفتنا غير المباشرة، الرمزية المتمثلة لغوياً بقضايا العلم.

قلما يتجاوز طرح المشكل هذا الحد: ويبدو القول إن قضايا العلوم الاختبارية إنما تعبر عن إدراكنا الحسي[3] لنظريي المعرفة من أنصار المذهب الحسي أو المذهب الوضعي أمراً بمنتهى الوضوح. وإلا كيف يمكننا التوصل إلى علم الوقائع إذا لم يكن ذلك عبر أحاسيسنا؟ لا يمكننا بالفكر وحده اختبار شيء من عالم الوقائع وإدراكاتنا الحسية هي وحدها «مصدر معرفة» العلوم الاختبارية. وعلينا بالتالي أن نتمكن من التعبير عن كل ما نعرفه من عالم الوقائع بقضايا تتعلق بحسنا. ولا يمكننا التثبت من لون هذه الطاولة أهي حمراء أم زرقاء إلا بالحس. ونستطيع بفضل الشعور المباشر بالقناعة التمييز بين القضايا الصحيحة، التي تتفق مفاهيمها والإدراك الحسي والقضايا الباطلة التي لا يحصل فيها هذا الاتفاق. والعلم ليس سوى محاولة لتصنيف وتوصيف معرفتنا، لتصنيف وتوصيف شعورنا بالقناعة: إنه تمثيل نسقي لهذا الشعور.

إن ما يجهض محاولة التفسير هذه في نظرنا هو مشكل الاستقراء أو مشكل الكليات: لأنه يستحيل علينا النطق بأي قضية علمية إذا لم تبتعد في الواقع بعداً كبيراً عمّا يمكن أن نعلمه علم اليقين اعتماداً على إدراكنا الحسي («تعالي التمثيل»). يستخدم كل تمثيل إشارات عامة أي كليات وتتسم كل قضية بطابع نظرية أو فرضية. فالقضية «هنا كأس ما» لا يؤكدها أي إدراك لأن الكليات الواردة فيها لا ترتبط بأي إدراك معين (الإدراك المباشر وحيد لا يقع إلا مرة واحدة مباشرة). تشير الكلمة كأس مثلاً إلى جسم فيزيائي ذي تناسب منتظم معين وكذلك الأمر بالنسبة للكلمة ماء. فلا تعاد الكليات إلى صفوف الإدراكات فهي «لا تُنشأ» [وفق اصطلاحات كارناب][4].

---

(2) انظر مثلاً: Julius Kraft, *Von Husserl zu Heidegger: Kritik der Phänomenologischen Philosophie* (Leipzig: Buske, 1932), pp. 120 f.; 2nd ed. (Frankfurt: Verl. «Offentl. Leben», 1957) pp. 108 f.

(3) نتبع هنا حرفياً إلى حد بعيد عروض فرانك (Frank) وهان (Hahn). انظر الهامشين رقمي (17) و(20)، الفقرة 27 من هذا الكتاب.

(4) انظر الهامش رقم (9)، الفقرة 20 من هذا الكتاب.

26 ـ حول ما يسمى بالقضايا المحضرية

أعتقد أن المذهب الذي تعرضنا له ووصفناه بالنفسي في الفقرة السابقة هو أساس نظرية جديدة للقاعدة التجربية رغم أن هذه النظرية لا تتطرق إلى الإدراك أو [62] إلى الأحاسيس ولا تتحدث إلا عن قضايا، قضايا تمثل الإدراك سماها كل من نورات[5] وكارناب[6] القضايا المحضرية.

وقد وقف راينينغر[7] قبلهما موقفاً مماثلاً منطلقاً من التساؤل عن التطابق بين القضية والحدث أو مادية الوقائع. ووجد أن القضايا لا تقارن إلا بالقضايا فقط وأن التطابق بين القضية وحالة الأشياء ليس سوى تطابق منطقي لقضايا من مختلف مستويات الكلية «. . . تطابق منطوقات من مرتبات عليا مع منطوقات ذات مضامين أكثر بساطة وفي النهاية مع منطوقات الإدراك الحسي»[8] (يسمي راينينغر هذه المنطوقات الأخيرة المنطوقات الأولية).

أما كارناب فقد انطلق من تساؤل مختلف نوعاً ما. ويستند طرحه على كون الدراسات الفلسفية «تتحدث عن صور اللغة»[9]. أما منطق العلم فعليه «دراسة صور اللغة العلمية»[10] ولذلك فهو لا يتكلم على الأشياء المادية الفيزيائية وإنما على الكلمات، لا على مادية الوقائع وإنما على القضايا. ويظهر كارناب التضاد بين طريقة الكلام، المضبوطة الصورية وطريقة الكلام على المحتوى المعتادة وهي طريقة لا يجوز استعمالها، إذا ما شئنا تجنب الغموض والالتباس، إلا إذا ما أمكن ترجمتها إلى طريقة الكلام المضبوطة الصورية.

تقود وجهة النظر هذه ـ والتي يمكننا الاتفاق معها ـ كارناب (ومعه راينينغر) إلى الجزم بأنه لا يجوز في منطق العلم القول إننا نراقب القضايا بمقارنتها مع مادية الوقائع أو مع الإدراكات، إنها لا تراقب إلا بمقارنتها بقضايا أخرى. أضف إلى ذلك أن كارناب يتبنى في واقع الأمر أسس وجهة نظر المذهب النفسي ولكنه

---

(5) أطلق نورات هذا المصطلح. انظر على سبيل المثال: Otto Neurath, «Soziologie im Physikalismus,» *Erkenntnis*, 2 (1932), p. 393.

(6) Rudolf Carnap: «Die Physikalische Sprache als Universalsprasche der Wissenschaft,» *Erkenntnis*, 2 (1932), pp. 432 ff., and «Psychologie in Phsykalischer Sprache,» *Erkenntnis*, 3 (1932), pp. 107 ff.

(7) Robert Reininger, *Metaphysik der Wirklichkeit* (Wien: Braumüller, 1931), p. 134.

(8) المصدر نفسه، ص 132.

(9) Carnap, «Die Physikalische Sprache als Universalprasche der Wissenschaft,» p. 435.

(10) Rudolf Carnap, «Über Protokollsätze,» *Erkenntnis*, 3 (1932-1933), p. 228.

يترجمها إلى طريقة الكلام الصورية. ويقول إنه يتحقق من القضايا العلمية على «يد القضايا المحضرية»[11]. وإذا ما أعلنت هذه القضايا كأساس يصلح لكل القضايا العلمية الأخرى وأنها ليست بحاجة إلى التأكد من صحتها، إلى تعزيزها، فإن هذا الإعلان لا يخرج من حيث المحتوى عن القول إن القضايا المحضرية ترتبط «بالمعطيات»، «إنها تصف محتوى الإحساس أو الظاهرة وبالتالي أبسط أنواع مادية الوقائع»[12]. وهكذا نرى أن مذهب القضايا المحضرية ليس سوى المذهب النفسي مترجماً إلى طريقة الكلام الصورية. ويصح القول على نفس النحو على وجهة نظر نورات[13] فهو يرى أنه من الضروري سرد كلمات مثل «لاحظ» «أبصر» مرفوقة بأسماء العلم لمعدي المحضر في القضايا المحضرية: يجب أن تكون هذه القضايا كما ينم عن ذلك اسمها محاضر الإدراك الحسي. [63]

ويرى نورات، مثله مثل راينينغر[14]، أن قضايا الإدراك الحسي أي القضايا المحضرية ليست قضايا لا رجعة فيها وإنما يمكن رفضها في بعض الحالات، وهو في هذا يخالف[15] وجهة نظر كارناب (رجع هذا الأخير عنها)[16] القائلة إن القضايا المحضرية هي آخر القضايا و«لا تحتاج إلى أي تعزيز». وبينما يقدم راينينغر نهجاً يسمح بالتحقق من «القضايا الأولية» إذا شككنا في صحتها عندما «تنافس» قضايا أخرى، وهو نهج استنتاج القضايا التابعة والتحقق من صحتها، فإن نورات لا يعطي أي طريقة مكتفياً بملاحظة أنه يمكن إما «محو» القضية المحضرية التي تتناقض مع النظمة و«إما قبولها» وتعديل النظمة بحيث تبقى متسقة رغم إضافة القضية إليها.

تمثل وجهة النظر التي لا تعتبر القضايا المحضرية معصومة، تقدماً كبيراً في رأيي. وعندما لا نأخذ بعين الاعتبار الاستبدال الصوري للأحاسيس بقضايا الأحاسيس فإن قابلية مراجعة القضايا المحضرية هي النقطة الوحيدة التي تتقدم فيها

---

(11) Carnap, Ibid., p. 437.

(12) المصدر نفسه، ص 438.

(13) Otto Neurath, «Protokollsätze,» *Erkenntnis*, 3 (1933), pp. 205 ff.

يعطي نورات المثل الآتي: «يمكن لقضية محضرية تامة أن تأخذ الشكل التالي: محضر أوتو في الساعة 3، 17، تفكير أوتو الملفوظ 3، 16 كان في غرفة أوتو طاولة لوحظت من قبله في الساعة 3، 15».

(14) Reininger, *Metaphysik der Wirklichkeit*, p. 133.

(15) Neurath, Ibid., pp. 209 f.

(16) Carnap, «Über Protokollsätze,» pp. 215 ff.;

انظر الهامش رقم (24)، الفقرة 29 من هذا الكتاب.

هذه النظرية على تعاليم فريز حول «المعرفة المباشرة». إلا أنه من الضروري إتمام هذه الخطوة بإعطاء نهج يقيد اعتباطية «محو» أو «قبول» القضايا المحضرية. وهكذا فإن نورات بإهماله هذا الإتمام قد رمى، عن غير قصد، بالتجربية عرض الحائط: لم تعد القضايا التجربية متميزة من نظمات القضايا الأخرى أياً كانت. وسيمكن الدفاع عن كل نظمة ما دمنا نستطيع أن نمحو ببساطة القضية غير المناسبة من القضايا المحضرية. وهكذا يمكن إنقاذ أي نظمة على طريقة المواضعيين. ليس هذا فحسب بل ويمكن كذلك إذا ما تزودنا بما يكفي من القضايا المحضرية التأكيد على صحة النظمة بسهولة بفضل شهود العيان والسماع. يتجنب نورات أحد أشكال الدوغماتية ولكنه يفتح الطريق أمام أي اعتباط دوغماتي ليسمي نفسه «علماً تجربياً».

[64] ولهذا فإنه ليس من السهل تحديد الدور الذي تلعبه القضايا المحضرية في تصور نورات. إن ما يميزها من وجهة نظر كارناب (القديمة) هو لزوم التأكد من صحة أي دعوى علمية تجربية استناداً إليها. ولذلك فإنها الوحيدة التي لا تتزعزع لأنها هي التي تستطيع إسقاط القضايا الأخرى. ولكن إذا ما نزعنا عنها هذه الوظيفة وإذا ما أمكن إزاحتها عن النظريات فما حاجتنا بها؟ وبما أن نورات لم يحاول حل مشكل الحد الفاصل فإن القضايا المحضرية عنده ليست سوى بقايا للتصور التقليدي لانطلاق العلم التجربي من الإدراك الحسي.

27 ـ موضوعية القاعدة

نطلق من رؤية للعلم مختلفة عن الرؤى النفسانية التي ناقشناها، فنحن نميز بدقة بين العلم الموضوعي «ومعرفتنا».

لا شك في أن الملاحظة وحدها هي التي تعرفنا بالوقائع، ويمكننا القول مع هان «إن الوقائع .. لا تدرك إلا بالملاحظة»[17] ولكن معرفتنا هذه، هذا الإدراك لا يشكل أساساً نبني عليه صحة القضايا. ولهذا فإن طرح سؤال نظريي المعرفة لن يكون «... على ماذا ترتكز معرفتنا؟».. أو على شكل أكثر دقة لن يكون «كيف يمكنني إذا ما حصلت على الإدراك الحسي *S* بناء معرفتي وتبريرها بنزع الشكوك عنها؟»[18]

---

(17) Hans Hahn, «Logik, Mathematik und Naturekennen,» *Einheitswissenschaft*, 2 (1933), pp. 19 and 24.

(18) Rudolf Carnap, *Scheinprobleme in der Philosophie: Das Fremdpsychische und der Realismusstreit* (Berlin — Schlachtensee: Weltkreis-Verlag, 1928), p. 15.

(الكتابة المائلة هنا من عندنا).

ولن يكون كذلك بتبديل الإدراك الحسي بالقضايا المحضرية. يجب أن يكون السؤال «ما هي الاستتباعات التي يمكن التحقق البيذاتي منها التي تجعل القضايا العلمية قابلة للمراقبة؟»[*1].

تكاد تكون هذه الرؤيا الموضوعية اللانفسانية مقبولة من قبل الجميع عندما يتعلق الأمر بدعاوى تحصيل الحاصل المنطقي في العلوم. صحيح أنه قد سادت إلى وقت قريب وجهة نظر ترى في المنطق علم قوانين الفكر وهو علم لا يبرره إلا الاستدلال «بواقع» كوننا لا نستطيع التفكير على نحو آخر. وترى أن ما يبرر استنباطاً منطقياً ما، هو شعورنا بضرورته الفكرية بل ولعلنا مكرهون على هذا الشعور. لقد زال هذا النوع النفساني على أغلب الظن في مسائل الاستنتاجات المنطقية. ولا يحلم أحد اليوم بتبرير صلاح استنباط منطقي وبالدفاع عنه بأن يكتب [65] إلى جانب تقديمه للاستنباط القضية المحضرية التالية: «محضر: انتابني اليوم وأنا أتحقق من سلسلة الاستنباطات هذه شعور تام بداهتها».

ولكن الوضع يختلف عندما يتعلق الأمر بالمنطوقات التجريبية للعلوم، لأن الاعتقاد السائد هو أنها تقوم على الإدراك الحسي ـ أو بالتعبير الصوري: على القضايا المحضرية. (ولهذا فإن أكثر الناس يلقّبون محاولة التأكد من القضايا بواسطة القضايا المحضرية بالمذهب النفساني عندما يتعلق الأمر بالقضايا المنطقية ويعطونها اسم المذهب الفيزيائي عندما يتعلق الأمر بالقضايا التجريبية). إلا أننا نرى أن العلاقات بين القضايا والقضايا المحضرية هي نفسها في الحالتين: ترتبط معرفتنا (وهي من شؤون علم النفس: نظمة استعدادات موصوفة بغموض) في كلتا الحالتين بالشعور بالبداهة، بالشعور بالاقتناع ـ وفي الحالة الثانية (التجريبية) قد يكون إضافة إلى الشعور إحساس بالبداهة، وفي الحالة الأولى مشاعر فكرية. إلا أن هذا كله لا يعني إلا النفسانيين ولا يمس في شيء الارتباطات المنطقية الأساسية في القضايا العلمية، وهي وحدها التي تهم العاملين في نظرية المعرفة.

(يوجد حكم سبقي شائع يقضي بأن للقضية «أرى الطاولة هنا بيضاء» ميزة من وجهة نظر نظرية المعرفة على القضية «إن الطاولة هنا بيضاء»؛ إلا أن القضية

(*1) قد أطرح السؤال اليوم على هذا الشكل: ما هي أفضل طريقة لنقد نظرياتنا (فرضياتنا وتخميناتنا) عوضاً من الدفاع عنها في وجه الشكوك؟ لقد كنت أرى في التحقق من النظرية جزءاً من النقد بطبيعة الحال. انظر الفقرة 7*، النص بين الهامشين 5 و6 ونهاية الفقرة 52* في: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

الأولى من وجهة نظر الفحص الموضوعي ليست أكثر يقيناً من القضية الثانية لأنها تحديداً تذكر أنا (فاعل أرى)).

لا توجد إلا طريقة واحدة تتيح التيقن من سلسلة براهين منطقية: يجب وضعها على شكل يمكن التحقق منه بسهولة، أي تقسيم سلسلة الاستنتاجات إلى خطوات منفردة عديدة بحيث يستطيع من تعلم تقنيات التحولات الرياضية أو المنطقية متابعتها. وكل ما يمكننا فعله بعد ذلك إذا ما أثار أحدهم الشكوك حولها هو أن نطلب منه التفضل بالبرهان على الخطأ في سلسلة الاستنباطات أو بإعادة النظر في المسألة. ولا يختلف الأمر في القضايا العلمية التجريبية التي يجب وضعها، بإعطاء كل الترتيبات التجريبية، على شكل يتيح لكل من تمكن من تقنيات المجال العلمي ذي الشأن التحقق منها. وإذا ما وصل الفاحص إلى تفسير مناقض فلا يكفيه أن يعرض علينا مشاعر الشك التي تنتابه أو أن يحتج بهذا التخمين أو ذاك الذي يساور مشاعره بل يجب عليه إعطاء دعوى معارضة للتي ينقضها والتعليمات الضرورية لفحصها. وإن لم يفعل فلن يمكننا إلا أن نطلب منه إعادة النظر في السيرورة موضع المساءلة وإعادة التفكير.

ولا يمكن للدعاوى التي لا نستطيع وضعها في شكل قابل للتحقق منه أن تلعب في العلم إلا دور المنبه، دور المشكلة المثيرة. ويصح هذا على سبيل المثال في نطاق المنطق والرياضيات على مشكلة فيرما وفي نطاق التاريخ الطبيعي على [66] التقارير حول أفاعي البحر. لا يقول العلم إن التقارير لا تقوم على أساس من الصحة أو أن فيرما خاطئ أو أن كاتبي التقارير كاذبون. كل ما يفعله هو أن يؤجل الحكم[19].

يمكن النظر إلى العلم من وجهات نظر أخرى غير وجهة نظر نظرية المعرفة، كأن نعتبره مثلاً ظاهرة بيولوجية-سوسيولوجية؛ ويمكن توصيفه في هذه الحالة كأداة أو كجهاز يشبه إلى حد ما تجهيزاتنا الصناعية. يمكن النظر إليه كوسيلة إنتاج، «كإنتاج غير مباشر»[20] وحتى من هذا المنظور فليس للعلم، مثله في ذلك مثل أي جهاز أو أي وسيلة إنتاج، علاقة ما «بمشاعرنا». ولن تغير في الأمر شيئاً نظرتنا للعلم كمُلبٍ لرغباتنا الذهنية فعلاقته بمشاعرنا لا تختلف عن علاقة المجالات الموضوعية الأخرى بها، من حيث المبدأ على الأقل. ويصح القول في الواقع إن

(19) انظر الملاحظة المتعلقة بالمفاعيل الخفية في الفقرة 8 من هذا الكتاب.

(20) التعبير لبوم ـ بافيرك (Böhm-Bawerk).

العلم «... أداة... الغرض منها... التنبؤ انطلاقاً من الخبرات والمشاعر المباشرة بخبرات لاحقة والتحكم بها إن أمكن»[21]. ولكن ذكر الخبرة لا يسهم في توضيح المسألة. فهو ليس أكثر ملاءمة للغرض من تمييز «الدريك» بالقول ـ وهو قول صحيح ـ إن الغرض منه تزودنا بخبرة معينة: وهكذا لا يزودنا بالنفط وإنما بخبرة النفط؛ ليس بالنقود وإنما بالشعور بتملك النقود.

28 ـ القضايا القاعدية

أشرنا باختصار إلى وظيفة قضايا القاعدة في إنشائنا لنظرية المعرفة: نحتاج إليها للحسم في مسألة قابلية تفنيد نظرية ما أي في إمكانية تسمية هذه النظرية تجربية (21) كما أننا نحتاج إليها للتأكد من صحة الفرضيات المفندة أي لتفنيد النظرية (22).

ولذلك يجب أن تحدد القضايا القاعدية بحيث (أ) لا تتبع قضية قاعدية أي قضية عامة دون شروط على الحدود مخصصة[2*] ومع ذلك (ب) يمكن لقضية

---

(21) Philipp Frank, *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*, Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffassung; 6 (Wien; [Berlin]: Springer, 1932), p. 1.

* حول الأدوية انظر الهامش رقم (2*)، الفقرة 12 من هذا الكتاب، وبشكل خاص الفقرات 12* - 15* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(2*) عندما كتبت هذه الجملة كان يبدو لي واضحاً ما فيه الكفاية ومفهوماً أنه لا يمكن استنتاج أي قضية يمكن رصدها (وبالتالي وبطبيعة الحال أي قضية قاعدية) من نظرية نيوتن وحدها من دون شروط على الحدود. إلا أن هذا الأمر والنتائج المترتبة عليه في مشكلة الرصد أو القضايا القاعدية لم تؤخذ بعين الاعتبار من قبل كثيرين من نقاد كتابي مع الأسف. ولذا أود هنا إبداء بعض الملاحظات الإضافية:

أولاً لا يتبع القضايا الكلية المحضة على شاكلة كل البجع أبيض أي شيء قابل للرصد. وهذا ما نراه بسهولة عندما ننظر في عدم تناقض القضيتين «كل البجع أبيض» و«كل البجع أسود» لأنهما تتضمنان معاً عدم وجود بجع إطلاقاً، وهذه ليست قضية قابلة للرصد ولا يمكن التأكد من صحتها في أي حال. (إن للقضية وحيدة الجانب وقابلة التفنيد «كل البجع أبيض» نفس الصورة المنطقية لقضية «لا يوجد بجع» لأنها مكافئة لـ «لا يوجد أي بجع غير أبيض»).

وإذا ما قبلنا بهذا فسنرى على الفور أنه لا يمكن للقضايا المنفردة المشتقة من قضايا كلية محضة أن تكون قضايا قاعدية. تخطر في بالي قضايا من نوع: «إذا وجدت بجعة في الموضع k فإن في الموضع k بجعة بيضاء» (أو «في الموضع k أحد أمرين إما ألا توجد أي بجعة وإما أنها بيضاء»). نرى بسهولة أن هذه القضايا الآنية (كما تسمى) ليست قضايا قاعدية لأنها لا تستطيع القيام بدور القضايا الفاحصة (إمكانات التفنيد) وهو الدور الذي تقوم به القضايا القاعدية تحديداً. ولو قبلنا بإسناد هذا الدور إلى القضايا الآنية فسنحصل من أجل أي نظرية (وبالتالي من أجل «كل البجع أبيض» و«كل البجع أسود») على عدد هائل من التحقيقات والفحوص؛ على عدد لامتناه في الواقع لأن أغلب أجزاء العالم لا تحتوي على بجع إطلاقاً. (وهذا ما يقود القضايا الآنية إلى مفارقة التعزيز). انظر ص 279، 280 من هذا الكتاب.

وبما أن القضايا الآنية مشتقة من القضايا الكلية فإن نفيها هو إمكانية تفنيد ويصبح بالتالي قضية قاعدية =

عامة أن تتناقض مع قضية قاعدية. لا يمكن للشرط (ب) أن يتحقق إلا إذا كان نفي قضية القاعدة المناقضة مشتقاً من النظرية. ينتج من هذا ومن (أ) ما يلي: يجب أن تحدد الصورة المنطقية للقضايا القاعدية بحيث يستحيل أن يكون نفي قضية قاعدية هو نفسه قضية قاعدية. [67]

لقد صادفنا قضايا تختلف صورتها المنطقية عن صورة القضايا النافية لها: القضايا الكلية والقضايا العامة الوجودية تتولد الواحدة منها من نفي الأخرى ولهما نتيجة لذلك صورة منطقية مختلفة. يمكننا بناء قضايا على نحو مماثل في القضايا المنفردة. فللقضية «يوجد غراب في الموضع k من الفضاء ـ الزمان» صورة منطقية مختلفة بالإضافة إلى الصورة اللغوية المختلفة عن صورة القضية «لا يوجد أي غراب في الموضع k». سنسمي القضايا التي هي على الصورة التالية «يوجد في الموضع k من الفضاء ـ الزمان كذا وكذا» أو على الصورة «تحدث في الموضع k هذه السيرورة وتلك»[22] قضايا وجودية منفردة كما سنسمي القضايا المتولدة من نفيها مثل «لا يوجد في الموضع k كذا وكذا» قضايا لا وجودية منفردة.

نثبت الآن أن على القضايا القاعدية أخذ صورة القضايا الوجودية المنفردة. [68] لأنها بذلك تلبي التطلب (أ) إذ أنه لا يمكن اشتقاق قضية وجودية منفردة من قضية كلية أي من قضية عامة لا وجودية. وهي تستجيب كذلك للتطلب (ب) لأننا رأينا أن القضايا العامة الوجودية تشتق من القضايا المنفردة الوجودية بالتخلي عن تعيين الموضع في الفضاء ـ الزمان؛ وكما رأينا أيضاً يمكن لقضية عامة من هذا النوع أن تتناقض مع النظرية.

تجدر الملاحظة إلى أن ترافق قضيتين قاعديتين غير متناقضتين p وr يولد قضية قاعدية. ويمكن في حالات معينة تولد قضية قاعدية من ترافق قضية قاعدية وقضية ما، غير قاعدية؛ مثلاً إن القضية القاعدية «يوجد في الموضع k مؤشر» مضافة إلى القضية المنفردة اللاوجودية $\bar{p}$ «لا يوجد في الموضع k أي مؤشر

ـ (إذا ملأ الشروط المعطاة في النص). وعلى العكس تأخذ القضايا الآنية شكل نفي للقضايا القاعدية. انظر أيضاً الهامش رقم (8*)، الفقرة 80 من هذا الكتاب. الجدير بالذكر هنا أن القضايا القاعدية (وهي القوية إلى حد يجعل من المستحيل اشتقاقها من القضايا الكلية وحدها) تحتوي بصورة عامة على معلومات أكثر مما تحتويه القضايا الآنية؛ وهي القضايا التي نجمت عن نفيها القضايا القاعدية. هذا يعني بصورة عامة أن مقياس مضمون القضايا القاعدية هو أكبر من 2/ 1 وهو بالتالي أكبر من احتمالها المنطقي.
هذه هي بعض الأفكار التي تعتمد عليها نظريتي حول الصورة المنطقية لقضايا القاعدة. انظر كذلك الفقرة 43* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(22) قارن الفقرة 23 من هذا الكتاب.

متحرك» أي القضية $r.\bar{p}$ تكافئ القضية المنفردة الوجودية «يوجد في الموضع k مؤشر لا يتحرك». وهكذا فإذا كان لدينا نظرية t وشروط على الحدود r وإذا اشتققنا منهما التنبؤ p فإن القضية $r.\bar{p}$ المفندة للنظرية هي قضية قاعدية. (ليس التضمن $r \rightarrow p$ قضية قاعدية، شأنه في ذلك شأن النفي $\bar{p}$، لأنه يكافئ نفي القضية القاعدية $r.\bar{p}$).

يجب أن تستوفي القضايا القاعدية، بالإضافة إلى هذه التطلبات الصورية التي تستوفيها كل القضايا الوجودية الفردية، تطلباً مادياً يتعلق بالسيرورات التي تدعي القضية وقوعها في الموضع k. يجب أن تكون هذه السيرورات قابلة للرصد: يجب التحقق البيذاتي من القضايا القاعدية بواسطة الرصد. ولما كانت هذه القضايا فردية فلا يرتبط هذا التطلب إلا بالفاحصين الموجودين في المواضع المناسبة من المكان-الزمان (ولا نريد التوسع في هذه المسألة).

قد يظن البعض أننا قد أدخلنا عبر تطلبنا قابلية الرصد عنصراً نفسانياً في تأملاتنا. ولكن الأمر ليس كذلك: فعلى الرغم من الطابع النفساني الذي يمكن إعطاؤه لمفهوم قابلية الرصد (الرصود) فإننا نستعمل تعبير سيرورة رصودة تماماً كما نستعمل تعبير سيرورة حركة جسم مادي ماكروي؛ أو على نحو أدق: فإن القضية القاعدية إما أنها تعبر عن الأوضاع النسبية للأجسام المادية أو أنها تكافئ لقضية قاعدية «ميكانيكية» [أو مادية] من هذا القبيل. (وعلى هذا النحو تأخذ كلمة رصود معنى عملياً لأن التحقق من النظرية لم يعد بيذاتياً وحسب وإنما أصبح أيضاً [69] بيحسياً[23] ونقصد بذلك أنه إذا ما أمكن التحقق من النظرية بأرصاد استدعت اللجوء إلى حاسة معينة ما فإن هذا التحقق ممكن أيضاً من حيث المبدأ باللجوء إلى أحاسيس أخرى). ولذلك فإن القول إن إدراكنا قد أدخل عنصراً نفسانياً لا يختلف عن القول إنه ميكانيكي [أو مادي] وهذا ما يرينا أن رؤيانا حيادية تماماً بالنسبة لكل هذه الأوصاف. ونحن نرمي من وراء كل هذه الملاحظات إلى تحرير التعبير «رصود» من كل نكهة نفسانية (يمكن للأرصاد والإدراكات الحسية أن تكون نفسانية نوعاً ما ولكن هذا لا يصح على قابلية الرصد). سنشرح المفهوم «رصود» (السيرورات الرصودة) بالأمثلة النفسانية أو الميكانيكية ولكننا لا نريد تعريفه وإنما إدخاله كحد أساسي غير معرف يضبط الاستعمال اللغوي معناه إلى حد كافٍ، وعلى العاملين في نظرية المعرفة استعماله على نحو مماثل لاستعمالهم للحد «رمز» أو على نحو مماثل لاستعمال الفيزيائي لمفهوم «النقطة المادية».

---

(23) Carnap, «Die Phsykalische Sprache als Universalsprasche der Wissenschaft,» p. 445.

وهكذا فإن القضايا القاعدية ـ إذا شئنا التعبير عنها على نحو واقعي ـ قضايا تدعي حدوث سيرورة رصودة في مجال منفرد ما من الفضاء-الزمان. لقد أوضحنا في الفقرة 23 بدقة معنى كل الحدود الواردة في هذا التعريف ما عدا الحد الأساسي غير المعرف «رصود» الذي شرحنا معناه.

29 ـ نسبية القضايا القاعدية. حل المأزق الثلاثي

لا بد أن يتوقف أي تحقق من نظرية ما، سواء تعلق الأمر بتعزيزها أو بتفنيدها، عند قضية قاعدية معينة نعترف بها ونقبلها وإلا فلن تقودنا مراقبتنا للنظرية إلى أي نتيجة. إلا أن لا شيء يجبرنا من حيث العلاقات المنطقية على التوقف عند قضية قاعدية معينة ومتميزة والاعتراف بها أو على التخلي عن الفحص والتمحيص. ذلك أنه يمكن مراقبة أي قضية قاعدية مجدداً بأن نشتق منها قضايا قاعدية أخرى باستعمال نفس النظرية في حالات معينة أو باستعمال نظرية أخرى في حالات أخرى. وليس لهذا الأسلوب في الفحص والمراقبة أي نهاية «طبيعية»[24]. وهكذا فإننا إذا ما أردنا بلوغ نتيجة ما مجبرون على التوقف في موضع وعلى [70] الإعلان عن اكتفائنا في الوقت الحاضر على الأقل.

وواضح أننا أقمنا بهذه الطريقة إجراءً نتوقف فيه عند القضايا التي «يسهل» التحقق منها أي القضايا التي يتفق مختلف الفاحصين على قبولها أو على رفضها. أما إذا لم يصل الفاحصون إلى اتفاق فيجب متابعة الإجراءات أو بداية الفحوص من جديد. وإذا لم يؤد هذا أيضاً إلى أي نتيجة فسنقول إن الأمر لا يتعلق بمسألة يمكن التحقق البيذاتي منها، وإنه لا يتعلق «بسيرورات رصودة». ولو أصبح الوصول إلى اتفاق بين الراصدين العلميين حول قضية قاعدية مستحيلاً في يوم من الأيام فإن هذا سيعني فشل اللغة كأداة تفاهم بيذاتي. وسيفقد نشاط الباحث كل معنى في إطار هذه الفوضى اللغوية وسيتوجب علينا عندئذ التوقف عن تشييد الصرح العلمي.

---

(24) Rudolf Carnap, «Überwindung der Metaphysik durch Logische Analyse der Sprache,» *Erkenntnis*, 3 (1932), p. 224.

أتفق تماماً مع الصورة التي يعطيها كارناب (ص 223) لأفكاري؛ باستثناء بعض التفصيلات التي لا أهمية لها وهي: أولاً القول إن القضايا القاعدية (التي يسميها كارناب «القضايا المحضرية») هي القضايا التي يبدأ بها بناء العلم (ص 224) وثانياً الإشارة إلى أنه من الممكن التثبت من قضية محضرية «بهذه الدرجة أو تلك من اليقين» (ص 225) وأخيراً الإشارة إلى أن «قضايا الإدراك الحسي... هي حلقات مبررة من حلقات السلسلة» نستطيع «الرجوع إليها في الحالات الحرجة»؛ انظر السرد في الهامش القادم. أود اغتنام هذه الفرصة لشكر الأستاذ كارناب على كلماته الصدوقة التي خص بها عملي غير المنشور والمشار إليه في هذا الموضع.

وكما يبلغ البرهان المنطقي حد الكفاية عندما ينتهي العمل الشاق وعندما لا يبقى إلا بعض الأمور التي يسهل التحقق منها فإننا نبقى، على نفس الشكل، بعد أن يقوم العلم بعمله في الشرح والاشتقاق أمام القضايا القاعدية التي يسهل التحقق منها كذلك. ولهذا فإن منطوقات الخبرة الشخصية أو القضايا المحضرية لا تلائم كثيراً للعب دور قضية نهائية كالذي تلعبه القضية القاعدية. ونحن نستعمل بطبيعة الحال المحاضر (كشهادات فحص واختبار مثلاً تعطيها الدوائر العلمية والتقنية) ونستطيع إذا اقتضى الأمر إعادة فحص وتمحيص هذه المحاضر. كأن نتفحص مثلاً سرعة رد فعل الخبير كاتب المحضر (نتفحص معادلته الشخصية). إلا أننا بصورة عامة وخاصة «. . . في الحالات الحرجة» نتوقف عند القضايا التي يسهل التحقق منها وليس كما ينصحنا كارناب «. . . عند هذه القضايا بالذات .. لأن التحقق البيذاتي من القضايا المتعلقة بالإدراك الحسي .. معقد نسبياً وصعب»[25].

وما هو موقفنا الآن من الإحراج الثلاثي لفريز: الدوغماتية ـ التقهقر اللامتهي ـ النفسانانية؟[26] إن للقضايا القاعدية، التي نتوقف عندها معلنين عن قبولنا لها ومعترفين أنها فحصت بما فيه الكفاية، طابعاً دوغماتياً ما دمنا لا نقيمها على أسس أمتن. إلا أن هذا النوع من الدوغماتية لا يكتسي أي خطورة لأننا نستطيع التحقق من القضايا القاعدية كلما دعت الحاجة إلى ذلك. ولكن هذا بدوره يؤدي إلى سلسلة اشتقاقات لا نهاية لها من حيث المبدأ. إلا أن هذا «التقهقر اللامتهي» غير ذي أهمية لأنه لا يمكن ولا يصح البرهان على أي قضية [أو مجرد دعمها بواسطته]. وأخيراً، في ما يخص القاعدة النفسانانية، فإن قرارنا بالاعتراف بقضية قاعدية، وبالاكتفاء بها، مرتبط يقيناً بشكل ما بإدراكنا الحسي؛ ولكن هذا الإدراك الحسي لا يبرر القضية القاعدية. يمكن للإدراك الحسي وللخبرة أن يكونا مدعاة إلى استخلاص نتائج، إلى إثباتات [قد تكون حاسمة] ولكن مفعولها في تبرير قضية قاعدية لن يكون أفضل من مفعول الضرب بقسوة على الطاولة[27]. [71]

---

(25) انظر الهامش السابق رقم (24). * يحتوي عمل كارناب هذا على أول تقرير منشور عن نظريتي في التحقق وقد نسب إلي فيه خطأً وجهة النظر التي سردناها أعلاه.

(26) انظر الفقرة 25 من هذا الكتاب.

(27) يبدو لي أن وجهة النظر المعبر عنها هنا أقرب إلى الفكر النقدي (على الصورة التي أعطاها فريز له نوعاً ما) منها إلى الوضعية. ذلك أن فريز في «حكم البرهان» يلح على الفرق بين العلاقة المنطقية التي تربط القضايا فيما بينها والعلاقة التي تربط القضايا بالإدراك الحسي (بالرؤيا)، بينما تحاول الوضعية باستمرار إزالة هذا التمييز: فإما أن تشكل كل العلوم جزءاً من معرفتي، من إدراكي الحسي (واحدية المحسوسات) أو أن يشكل الإدراك الحسي الذي تعبر عنه القضايا المحضرية جزءاً من شبكة الحجج العلمية الموضوعية (واحدية القضايا). انظر الإضافة (1980)، ص 141 من هذا الكتاب.

30 ـ النظرية والتجربة

نعترف بالقضايا القاعدية نتيجة اتخاذ قرار بذلك، بالمواضعة، فهي إثباتات. ويخضع اتخاذ القرار إلى قواعد معينة. أهمها أننا لا نعترف بقضايا قاعدية متفرقة منفصلةً منطقياً بعضها عن البعض الآخر وإنما نتقبل القضايا القاعدية عندما نتفحص النظرية ونطرح بهذه المناسبة وبشكل نظامي أسئلة لا يجيبنا عنها إلا الاعتراف بهذه القضايا القاعدية.

وهكذا فإن الموقف مختلف تماماً عما يظنه التجرباتي الساذج أو منطقي الاستقراء؛ فهو يعتقد أننا نجمع خبراتنا ونرتبها ونرتقي بذلك إلى العلم، أو إذا عبرنا عن هذا الاعتقاد على نحو أكثر رسمية لقلنا علينا إذا أردنا بناء علم ما، أن نجمع قبل كل شيء المحاضر. ولكن تنفيذ المهمة القائلة «أكتب محضراً بما تدركه حواسك» ليس بالأمر اليسير المتواطأ عليه (هل أكتب محضراً أذكر فيه أني أكتب الآن، أني أسمع رنين جرس وصوت بائع الجرائد ومكبر صوت؟ أو أذكر أني منزعج من هذا كله؟). وحتى لو فرضنا أن المهمة قابلة للتنفيذ فإن تجميع هذه الجمل مهما بلغ تعدادها لن يقود إلى العلم في أي حال من الأحوال. لأن ذلك يتطلب وجهات نظر ويتطلب وضع أسئلة نظرية.

وكثيراً ما يقع إثبات القضايا القاعدية عند تطبيق نظرية ما ويشكل جزءاً من هذا التطبيق الذي نختبر بواسطته النظرية. وهذا الإثبات مثله مثل التطبيق نفسه، عمل هادف خُطط له تمليه علينا الاعتبارات النظرية.

وبهذا نحل مسائل عديدة ونجيب عن أسئلة كسؤال وايت هيد مثلاً: لماذا يقدم لنا على الدوام الفطور الملموس مع الفطور المنظور وجريدة **التايمز** الملموسة مع المرئية والمسموعة (حفيفها)(*3): يستغرب منطقي الاستقراء الذي يعتقد أن العلم إنما ينطلق من إدراكات حسية أولية متناثرة هذه الصلات المنتظمة التي تبدو [72] له وليدة «الصدفة» بكل تأكيد. ذلك أنه لا يستطيع الرجوع إلى نظرية تفسر له هذا الانتظام طالما لا يرى في النظرية إلا بسطاً لوقوعات منتظمة.

أما نحن فإننا نرى أن ما يتيح استنتاج وتفسير العلاقات بين إدراكاتنا الحسية هي النظريات التي نراقبها ونختبرها (لا نتوقع من هذه النظريات قمراً ملموساً أو كابوساً مسموعاً) بحيث لا يبقى إلا سؤال واحد لا يمكن للنظريات قابلة التفنيد

(*3) Alfred North Whitehead, *An Enquiry Concerning the Principles of Natural Knowledge*, 2nd ed. (Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1925), p. 194.

الإجابة عنه لأنه سؤال «ميتافيزيائي» وهو: لماذا يحالفنا الحظ غالباً عندما نبني نظرية ما ولماذا توجد انتظامات قانونية[4*]؟

تكتسي هذه الاعتبارات أهمية كبرى في نظرية التجربة: يطرح المنظِّر على المجرب أسئلة محددة تماماً ويحاول المجرب، بقيامه بالتجارب، الإجابة عن هذه الأسئلة وعن هذه الأسئلة وحدها إجابة قاطعة. ويبذل ما في وسعه لإقصاء كل الأسئلة الأخرى. (يمكن للاستقلال النسبي للنظمات الجزئية في النظرية أن تلعب دوراً في هذا الشأن). وهكذا يسعى المجرب إلى تجهيز التجربة بحيث تكون «متحسسة لسؤال ما قدر المستطاع وغير متحسسة لكل الأسئلة الأخرى قدر المستطاع... كما يشكل البحث عن كل منشأ للخطأ والتخلص منه جزءاً هاماً من عمله»[28] ومن الخطأ الظن أن المجرب بعمله هذا «يخفف العبء عن المنظِّر»[29] أو أنه يزود المنظر بالأساس الاستقرائي لبناء النظرية. بل على العكس فلقد توجب على المنظر قبل التجربة القيام بمهمته الكبرى وهي صياغة السؤال بأقصى ما يمكن من الدقة والوضوح. فهو الذي يدل المجرب على الطريق. وكذا المجرب نفسه فليس عمله القيام «بالأرصاد المضبوطة» بقدر ما هو التفكير في الأمور النظرية: يسود هذا التفكير في العمل التجريبي من بداية وضع خطط التجربة إلى آخر اللمسات التجريبية[5*].

يصح ما نقوله في الحالات التي نتحقق فيها تجريبياً من مفعول افترضه منظِّر [73] ولعل أبدع مثال على ذلك تنبؤ دو بروغلي (De Broglie) بالطابع الموجي للمادة والتثبت منه تجريبياً من قبل دافيسون (Davisson) وجيرمر (Germer)، ولكنه يصح كذلك على الخصوص في الحالات التي تلعب فيها التجربة دوراً بارزاً ومؤثراً في النظرية: إن ما يدفع المنظر في مثل هذه الحالات للبحث عن نظرية أفضل هو في

(4*) سنعود إلى هذا السؤال في الفقرة 79 وفي الملحق العاشر* من هذا الكتاب. انظر أيضاً وبشكل خاص الفقرتين 15* و16* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(28) Herman Weyl, *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft* (München: R. Oldenbourg, 1927), p. 113.

(29) المصدر نفسه.

(5*) ينتابني الشعور الآن أنه كان علي أن أؤكد هنا على فكرة عرضت في موضع آخر من الكتاب (مثلاً في المقطع الرابع والمقطع الأخير من الفقرة 19)، وهي أن الأرصاد والقضايا عن الأرصاد وعن النتائج التجريبية ليست سوى تفسيرات للوقائع المرصودة وأن التفسير هو دوماً تفسير على ضوء النظرية. ولهذا فمن السهولة بمكان، وهي سهولة مضللة، التحقق دوماً من النظرية ولهذا أيضاً فإنه من الواجب علينا اتخاذ موقف نقّاد من نظرياتنا إذا أردنا تجنب السقوط في الحجج الدائرية: يجب علينا أن نتطلع على الدوام إلى تفنيد نظرياتنا.

أغلب الأحيان، إن لم نقل على الدوام، تفنيد النظرية المعترف بصحتها تجريبياً. إن التحقق التجريبي من النظرية هو مفتاح التقدم. ومن الأمثلة المعروفة لهذا التطور تجربة مايكلسون (Michelson) التي أدت إلى نظرية النسبية (إلى الشكل الذي أعطاه لورانتس لهذه النظرية) وتفنيد لومر (Lummer) ـ برينغشايم (Pringsheim) ـ لصيغ الإشعاع سواء تلك التي أعطاها ريلي (Rayleigh) ـ جينس (Jeans) أو ڤين (Wien) والتي أدت إلى النظرية الكمومية. هناك أيضاً بطبيعة الحال ما يعرف بالاكتشاف صدفة إلا أن هذا النوع من الاكتشاف نادر. وماخ على حق عندما يقول عن هذه الحالات إنها «تقويم للآراء العلمية (أو النظريات)... في ملابسات طارئة»[30].

لقد أصبح في وسعنا الآن الإجابة عن السؤال التالي: ما الذي يميز النظرية التي نفضلها في الوقت الحاضر؟

لا يعود هذا التمييز إلى تبرير قضايا هذه النظرية أو إلى إرجاعها منطقياً إلى الخبرة. فالنظرية المفضلة هي النظرية التي تصمد في التنافس أمام النظريات الأخرى والتي تبرر اختيارها بتخطيها لكل الفحوص القاسية التي أجريت عليها حتى الآن وبزعمها عن تحمل أشد أنواع المراقبة الممكنة. فالنظرية أداة نمتحنها بتطبيقها ونحكم على صلاحيتها من خلال هذا التطبيق[*6].

أما من وجهة النظر المنطقية فإن فحص النظرية يعتمد على القضايا القاعدية المعترف بها إثباتاً. وهكذا فإن هذه الإثباتات هي التي تقرر مصير النظرية. وعلى هذا النحو نرى أن جوابنا عن السؤال المتعلق بتمييز النظرية قريب من جواب المواضعاتية. ونحن نقول كما تقول إن التمييز والتفضيل يأخذان بعين الاعتبار مواءمة النظرية وفوائدها. ومع ذلك فالفرق شاسع بين وجهة نظرنا ووجهة نظر المواضعاتية. ذلك أننا نرى أن ما يطبع الطريقة التجربية هي القضايا الخاصة، القضايا القاعدية التي اعترفنا بها وأثبتناها بقرار منا وليس القضايا الكلية.

إن ما ينظم إثباتات القضايا الكلية في المواضعاتية هو مبدأ البساطة عندها: إنها تفضل العلم الأبسط بينما نأخذ نحن بعين الاعتبار قساوة الفحوص (هناك صلة [74] وثيقة بين هذا الاعتبار وبين مفهوم البساطة شريطة عدم إعطائه المعنى الذي تعطيه المواضعاتية له)[31]. إن نتائج الفحوص أي إثبات القضايا القاعدية هي التي تحسم مصير النظرية. ويمكننا القول مع المواضعيين إن تمييز النظرية المفضلة إنما هو

(30) Ernst Mach, *Die Principen der Wärmelehre* (Leipzig: J. A. Barth, 1896), p. 438.

(*6) لنقد وجهة النظر «الأدوية»، انظر الهامش رقم (1*)، الفصل الثالث قبل الفقرة 12، والإضافة المشار إليها في الهامش رقم (1)، الفقرة 12 من هذا الكتاب.

(31) انظر الفقرة 46 من هذا الكتاب.

قضية تصرف عملية. ولكن هذا التصرف العملي هو بالنسبة لنا تطبيق النظرية وإثبات القضايا الأساسية وفق هذا التطبيق [والرغبة بالوصول إلى الحقيقة] بينما يعني بالنسبة للمواضعاتية الحوافز الجمالية قبل كل شيء.

ونحن نختلف في الرأي مع المواضعاتية لأننا نجعل من القضايا الفردية، وليس من القضايا الكلية إثباتات. أما خلافنا مع الوضعية فهو حول القضايا القاعدية نفسها لأننا لا نرى أنها مبنيّة على إدراكاتنا الحسية أو أن هذه الإدراكات تبررها وإنما هي في نظرنا إثباتات فُحصت منطقياً وقبلت بحرية مطلقة (والفحص والقبول هذان هما ردا فعل ملائمان من وجهة النظر النفسية للبحث عن الحقيقة).

ونود هنا توضيح الفرق بين التبرير وبين القرار المتخذ وفق قواعد منهجية بإعطاء مثل هام جداً وهو أصول المحاكمات الجنائية القديمة (التقليدية).

يجيب حكم المحلفين (قول الحق لغةً)[٢] (مثلهم مثل المجربين) عن أسئلة طرحت عليهم تتعلق بالوقائع (*quid fact?*) صيغت بدقة وعناية كبيرتين. ويتوقف نوع الأسئلة المطروحة وطريقة طرحها إلى حد كبير على الوضع القضائي أي على نظمة الحقوق الجزائية القائمة (وهو ما يقابل نظمة النظريات عندنا). يثبت قرار المحلفين الوقوع المادي لسيرورة ما فهو نوعاً ما قضية قاعدية. ويعني القرار أن استتباعات معينة ستنتج منه ومن القضايا الكلية للنظمة (الحقوق الجزائية) أو بتعبير آخر يبني القرار قاعدة لتطبيق النظمة ويلعب الحكم (قول الحق) دور «القضية الصحيحة». وواضح أن حقيقة القضية لا تتأتى من قرار المحلفين وحده وإنما من اعتراف القانون نفسه بأن «قول الحق» هذا قابل للنقض وللمراجعة.

يخضع اتخاذ القرار إلى إجراءات مبنية على قواعد وأسس لا تقتصر مهمتها على ضمان الكشف الموضوعي للحقيقة (إنها تفسح المجال للقناعة الشخصية بل وإلى النزوات الذاتية أيضاً). ولكننا بفرض تخلينا عن هذه المظاهر الخاصة بقضاء المحلفين التقليدي وبفرض تصورنا لإجراءات مبنية على الاكتشاف الموضوعي قدر الإمكان للحقيقة فإننا سنبقى ملزمين بالاعتراف بأن نطق المحلفين بالحكم لا يشكل بأي حال من الأحوال أساساً لصحة دعوى الوقائع التي تثبتت لديهم. [75]

كما أن قناعة المحلفين الشخصية لا تشكل أساساً يبنى عليه اتخاذ القرار في القضية ـ رغم أنها بطبيعة الحال «السبب» في اتخاذ القرار أي أنها ترتبط به بعلاقات تنظمها القوانين النفسية، فهي في حقيقة الأمر المسبب والباعث على

اتخاذ القرار. وواقع الحال أن تصويت المحلفين منظم على أشكال مختلفة (أكثرية بسيطة أو أكثرية مشروطة مثلاً) بحيث تأخذ العلاقات بين القناعات الشخصية والقرار أشكالاً مختلفة أيضاً.

وخلافاً لقول «الحق» عند المحلفين فإن حكم القاضي مبني على أساس قانوني، على مبرر: يجب على القاضي اشتقاق الحكم منطقياً من القضايا الأخرى ـ من قضايا النظمة، ومن قول الحق «كشروط على الحدود» ـ ولذا يمكن الطعن منطقياً به على عكس قرار المحلفين الذي لا ينظر فيه إلا من حيث تقيده بالأصول القانونية (أي لا ينظر فيه إلا من حيث الشكل وليس من حيث الموضوع. ولهذا تسمى مبررات محتوى قرار المحلفين «تقرير المسبّبات» وهي تسمية ذات مدلول عوضاً من «أسس القرار»).

والتماثل واضح بين هذا كله وإثبات القضايا القاعدية ونسبية هذه القضايا وطرح الأسئلة التي تمليها النظرية. فكما هو عليه الأمر في محكمة المحلفين حيث لا يمكن تصور تطبيق النظرية من دون إصدار حكم وكما أن النطق بالحكم إنما هو في واقع الأمر تطبيق للنصوص القانونية العامة فالأمر كذلك في القضايا القاعدية: إن إثباتها تطبيق للنظمة النظرية يفتح الطريق أمام تطبيقات أخرى لها.

وهكذا فليس في الأساس التجريبي للعلم الموضوعي أي شيء «مطلق»[32]. فالعلم لا يتبني على أساس من الصخر وإنما إن صح التعبير على أرض موحلة يقيم [76] عليها نظرياته الجسورة. إنه بناء على أعمدة مغروسة في الوحل من علٍ ولا يتوقف

---

(32) Weyl, *Philosophie der Mathematik und Naturwissendschaft*, p. 83

حيث يقول: «يبدو لي أن زوجي المتناقضين: ذاتي - مطلق، موضوعي - نسبي يحويان أحد أهم مدركات نظرية المعرفة التي يمكن بلوغها في البحث العلمي. فمن يريد المطلق فعليه أن يشتري الذاتية والأنوية ومن يصبو إلى الموضوعية لا يستطيع تجنب مشكلة «النسبية»». ويكتب ص 82 من المصدر المذكور: «إن كل ما يدرك حسياً مباشرة هو ذاتي ومطلق.. أما العالم الموضوعي.. الذي تحاول العلوم الطبيعية بلورته.. فهو نسبي». وقد قال بورن قولاً مشابهاً في مقدمة كتابه: Max Born, *Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen*, 3rd ed. (Berlin: Springer, 1922).

ووجهة النظر هذه هي أساساً نظرية كانط في الموضوعية التي شرحناها بالتفصيل. قارن الفقرة 8 من هذا الكتاب والهامش رقم (29) فيها. أشار راينينغر هو أيضاً إلى هذه المسألة وكتب في: Robert Reininger, *Das Psycho-Physische Problem: Eine Erkenntnistheoretische Untersuchung zur Unterscheidung des Physischen und Psychischen überhaupt* (Wien: Braumüller, 1916), p. 291.

«إن الميتافيزياء غير ممكنة كعلم.. لأن المطلق وإن كنا عشناه كخبرة وبالتالي شعرنا به بالحدس لا تعبر عنه الكلمات لأنه «ما إن تفوه الروح بحرف حتى تكف الروح عن الكلام وا أسفاه».

غمسها عند حد طبيعي «معطى سلفاً». ولا يتوقف السبر لأن الأعمدة قد وصلت إلى طبقة صلبة واصطدمت بها وإنما لأننا نكتفي بالعمق الذي وصلت إليه، لأننا نأمل أنها تستطيع تحمل البنية في الوقت الحاضر على الأقل.

* إضافة (1968) لقد أسيء فهم بعض النقاط الواردة في هذا الفصل:

(1) لكلمة الأساس (أو القاعدة) رنة ساخرة كما يرينا ذلك على وجه الخصوص المقطع الأخير من هذا الفصل: إنه أساس متزعزع.

(2) يقوم الفصل على واقعية متينة ويبيّن تواؤم ذلك مع تجربية جديدة لا دوغماتية ولا ذاتية. ويقف ضد كل نظرية للمعرفة تنطلق من خبرتنا الذاتية ومن إدراكاتنا الحسية كأساس للعلم: فهو ضد التجربية (الذاتية) التقليدية، ضد المثالية والوضعية، ضد الظاهراتية والمذهب الحسي وضد النفسانانية (بما في ذلك شكلها السلوكي وما يسمى بالواحدية «المحايدة»). وأحاول أن أستبدل فكرة الخبرة (الرصد) بفكرة الفحص النقاد والموضوعي وقابلية الاختبار (قابلية الرصد) بقابلية الفحص الموضوعية[33].

(3) إن لغتنا مشوبة بالنظريات: لا توجد أي قضايا رصد محضة («تعالي التمثيل»)[34] وحتى في ما يعرف بلغة الظواهر كأن تقبل بالقول «هنا الآن أحمر» فإن كلمة الآن تتضمن نظرية (وإن تكن بدائية) للزمن وهنا نظرية للفضاء وأحمر نظرية للألوان.

(4) ليس هنالك أرصاد محضة، إنها مخصبة بالنظريات وموجهة من قبل المشاكل والنظريات.

(5) إن القضايا القاعدية هي (أ) قضايا فحص موضوعية خاصة قابلة للنقد و(ب) هي فرضيات متعالية[35] مثل القضايا العامة تقريباً[36] و(ج) سنستعملها في الفصل القادم لتقديم الفكرة المؤسسة لدرجات قابلية الفحص أو للمضمون التجربي.

---

(33) انظر الفصل السادس من هذا الكتاب.

(34) انظر ص 124 من هذا الكتاب.

(35) انظر كذلك ص 124 من هذا الكتاب.

(36) انظر أيضاً ص 478 من هذا الكتاب.

* إضافة (1980)

(6) تتكون شبكة الحجج[37] من المناقشة العقلانية النقادة للقضايا وتؤدي إلى تقويمها واختيارها الحاليين. (وتعني العقلانية النقادة أنها مسيرة من قبل فكرة الحقيقة الموضوعية: فكرة اكتشاف الحقيقة)[38].

---

(37) انظر الهامش رقم (27)، ص 134 من هذا الكتاب.

(38) انظر ص 137-138 من هذا الكتاب.

[77]

الفصل السادس

درجات قابلية الفحص

يمكن للنظريات أن تكون قابلة للمراقبة بشدة متفاوتة، أي قابلة للتفنيد بسهولة تزداد أو تنقص. ويكتسي تحليل قابلية المراقبة أهمية في اختيار النظريات.

سنبني مقارنتنا لدرجات قابلية المراقبة أو قابلية التفنيد على مقارنة صفوف إمكانيات التفنيد. وهذا البحث مستقل تماماً عن مسألة إمكانية التمييز الدقيق والمطلق بين النظريات قابلة التفنيد والنظريات غير قابلة التفنيد. ويمكن القول إن هذا البحث يجعل تطلب قابلية التفنيد «نسبية».

31 ـ إبانة وبرنامج

نقول عن نظرية إنها قابلة للتفنيد (كما رأينا في الفقرة 23) إذا وجد لها على الأقل صف غير فارغ من القضايا القاعدية المتماذجة المحظورة بموجبها، صف من إمكانيات التفنيد. نمثل، كما فعلنا في الفقرة 23 صف كل القضايا القاعدية الممكنة بدائرة ونمثل السيرورات على طول أنصاف قطر الدائرة ونقول يجب أن تحظر النظرية نصف قطر على الأقل، أو من الأفضل أن نقول أن تحظر قطاعاً ضيقاً يمثل عرضه قابلية رصد السيرورة. يمكن إذاً تمثيل إمكانيات تفنيد النظريات المختلفة بقطاعات ذات عروض مختلفة. ونقول عن نظرية إن إمكانيات تفنيدها تقل أو تكثر بحسب اتساع عرض القطاع. سنترك الآن مسألة الإدراك المنطقي الدقيق للتعابير الحدسية «تقل» و«تكثر» مفتوحة. ويمكن القول عندئذ إننا سنجد للنظرية التي اتسع قطاع إمكانيات تفنيدها عن قطاع نظرية أخرى مناسبات أكثر لدحضها بالإمكانات التجريبية: إنها «بدرجة أعلى قابلة للتفنيد». وإنها بهذا المعنى «تنطق عن الواقع التجريبي» أكثر من النظرية الأخرى لكونها قد عينت صفاً أكبر من القضايا القاعدية كصف ممنوع. أي أن صف القضايا المسموح بها قد أصبح

أصغر، ولكن النظرية لا تقول شيئاً عنه. ويمكن القول إن محتوى النظرية التجربي يزداد بازدياد درجة قابلية تفنيدها[1].

[78] لنتصور الآن نظرية يزداد عرض القطاع الممنوع فيها اتساعاً بحيث لا يترك في النهاية إلا قطاعاً ضيقاً مسموحاً به (يجب بقاء هذا القطاع إذا أردنا أن تكون النظرية خالية من أي تناقض). وواضح أنه يسهل كثيراً تفنيد نظرية من هذا النوع، لأنها لا تترك لعالم التجربة إلا ساحة صغيرة جداً بسبب حظرها لكل السيرورات التي يمكن تخيلها (الممكنة منطقياً) تقريباً. وادعاءاتها في الواقع التجريبي كثيرة إلى حد ومضمونها التجربي كبير إلى حد يجعل أملها، إن صح التعبير، في النجاة من التفنيد ضعيفاً.

ويهدف توصيف الطبيعة النظري تحديداً إلى بناء نظرية سهلة التفنيد ويبحث عن وسيلة تمكنه من تضييق ساحة السيرورات المسموح بها إلى أقصى حد ممكن. ونعني به الحد الذي سيفشل تجريبياً بعده كل تضييق إضافي نريد القيام به. وإذا ما نجحنا في بناء نظرية من هذا الشكل فستوصف هذه النظرية «عالمنا الخاص» بأكبر دقة ممكنة لأنها ميزت «عالم تجربتنا» عن مجموعة كل العوالم التجريبية الممكنة منطقياً بأكبر دقة متاحة أمام العلم النظري. ونصف «عالمنا الخاص» بالوسائل النظرية بالقول: إن السيرورات وصفوف الأحداث التي نجدها فعلاً هي وحدها التي يمكن الإشارة إليها على أنها مسموحٌ بها[1*].

32 ـ المقارنة بين صفوف إمكانيات التفنيد

صفوف إمكانيات التفنيد صفوف لامتهية ولذا لا ينطبق عليها مفهوما «الأكثر» و«الأقل» الحدسيين المطبقين على الصفوف المنتهية من دون أي احتراس محدد.

لا يمكن التغلب على هذه الصعوبة بسهولة حتى ولو قارنا صفوف السيرورات الممنوعة فيما بينها، بدلاً من مقارنة القضايا القاعدية (الأحداث)، لنرى الصف الذي يحتوي على الأكثر أو الأقل من السيرورات ذلك أن عدد

---

(1) انظر الفقرة 55 من هذا الكتاب.

(1*) حول أهداف العلم، انظر الملحق العاشر* من هذا الكتاب؛ والفقرة 15* من Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*,

وكذلك نشرتي في الفصل الأول من: Hans Albert, ed., *Theorie und Realität: Ausgewahlte Aufsatze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften*, Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften; 2 (Tübingen: Mohr, 1964); and 2nd ed. (1972).

السيرورات الممنوعة من قبل نظرية تجريبية لا متنه وهذا ما نراه بسهولة لأن اقتران أي سيرورة ممنوعة بسيرورة أخرى ما يعطينا سيرورة ممنوعة.

سنأخذ بعين الاعتبار ثلاثة إمكانات تضفي على «أكثر» و«أقل» الحدسيين معنىً دقيقاً.

[79] (أ) **مفهوم الاستطاعة** (أي العدد الأصلي للصف)*. لا يفيدنا هذا المفهوم في شيء لحل مشكلتنا لأنه من الممكن البرهان بسهولة أن لصفوف إمكانيات التفنيد نفس الاستطاعة[2].

(ب) **مفهوم البعد.** عندما نتفهم تماماً التعبير الحدسي الذي يقول إن المكعب يحتوي بشكل ما عدداً من النقاط أكبر مما يحتويه الخط المستقيم، بواسطة مفاهيم منطقية متسقة، فإننا سنستطيع استعمال مفهوم البعد في نظرية المجموعات الذي يميز بين المجموعات (الصفوف) بحسب علاقات الجوار بين عناصرها. فالمجموعات ذات الأبعاد الأكثر هي المجموعات الأغنى بعلاقات الجوار. وسنطبق مفهوم البعد الذي يسمح لنا بمقارنة الصفوف وفق أبعادها على مشكل مقارنة قابلية الفحص. ترتبط إمكانية التطبيق بكون القضايا القاعدية عندما تتراكب مع قضايا قاعدية أخرى تولد قضايا قاعدية جديدة أكثر «عقدية»[2*] من مولداتها. وسنقيم صلة بين «درجة عقدية» القضايا القاعدية (السيرورات) ومفهوم البعد. ويجب علينا الاعتماد هنا على عقدية السيرورات المسموح بها عوضاً من السيرورات المحظورة لأن درجة عقدية السيرورات المحظورة، أياً كانت النظرية، اعتباطية بينما يوجد بين القضايا المسموح بها قضايا أخذت هذه الصفة بسبب شكلها، وعلى الأصح بسبب ضآلة درجة عقديتها. وهي التي سنعتمد عليها لمقارنة الأبعاد.

(ج) **علاقة الصفوف الجزئية.** إذا كانت كل عناصر صف α عناصر صف آخر β فإن α صف جزئي من β (ورمزاً $\alpha \subset \beta$)، وإذا صح العكس أيضاً

---

(2) برهن تارسكي على أن كل صف قضايا - بشرط فروض معينة ـ عدود. انظر الهامش رقم (10) في: *Mathematik und Physik*, 40 (1933), p. 100.

* وكذلك لا يمكن تطبيق مفهوم القياس لأسباب مشابهة (وتحديداً لأن مجموعة جمل لغة ما عدودة).

(2*) من المهم عدم الخلط بين «عقدي» والاسم «عقدية» الخ وبين «معقد». انظر الفقرة 38 من هذا الكتاب. وعليه فإن النظريات ذات إمكانيات التفنيد الأكثر عقدية (والتي يمكن بالتالي أن نخصها بدرجة عقدية أعلى) ليست لهذا السبب وبأي حال من الأحوال النظريات الأكثر «تعقيداً» بمعنى مختلف مفاهيم البساطة الممكن تطبيقها على النظرية (معقد ـ بسيط) سنبحث هذه المسألة على حدة. انظر الفقرات 41-46 من هذا الكتاب.

وكانت كل عناصر β عناصر α أيضاً فسنقول في هذه الحالة إن الصفين متطابقان أو أن لهما نفس الامتداد. أما إذا وجدت عناصر في β وليست عناصر في α فهي «الصف الباقي» أو «الصف المتمم» لـ α بالنسبة لـ β، وα صف جزئي حقيقي من β. تقابل علاقة الصفوف الجزئية هذه «الأكثر» و«الأقل» الحدسيين بشكل جيد جداً. إلا أن عيبها أنها لا يمكنها أن تقارن فيما بينها إلا الصفوف التي تعلب بعضها داخل الأخرى إذا أردنا تعبيراً تصويرياً. ولذلك إذا تقاطعت صفوف إمكانيات التفنيد أو إذا كانت «غريبة» [80] كلياً بعضها عن بعض، أي أنها لا تحتوي أي عنصر مشترك بينها، فإنه من غير الممكن مقارنة درجة قابلية التفنيد لهذه النظريات بالاستعانة بعلاقة الصفوف الجزئية: لا يوجد لهذه النظريات قياس مشترك.

33 ـ مقارنة قابلية التفنيد بالاستعانة بعلاقة الصفوف الجزئية

سنعطي مؤقتاً ـ إلى حين مناقشة الأبعاد ـ التعاريف التالية[*3]:

(1) نقول عن قضية x إنها «قابلة للتفنيد إلى درجة أعلى» أو إنها «قابلة للفحص على نحو أفضل» من قضية y (ونكتب $Fsb(x) > Fsb(y)$) إذا كان صف إمكانيات تفنيد x يحتوي على صف إمكانيات تفنيد y كصف جزئي حقيقي منه.

(2) إذا كان صفا إمكانيات التفنيد لقضيتين x وy متطابقين فللقضيتين نفس درجة قابلية التفنيد ($Fsb(x) = Fsb(y)$).

(3) إذا لم يحتو أحد صفي إمكانيات التفنيد لقضيتين x وy الصف الآخر كصف جزئي فليس لدرجتي قابلية التفنيد قياس مشترك ($Fsb(x) \parallel Fsb(y)$).

إذا تحقق (1) فهناك صف متمم. يجب أن يكون هذا الصف لامتهياً في حالة القضايا الكلية: لا يمكن التمييز بين نظريتين [كقضايا كلية] لكون إحداهما تحظر عدداً منتهياً من الأحداث المنفردة بينما تسمح الأخرى بها.

إن صفوف إمكانيات تفنيد كل القضايا التي هي تحصيل حاصل أو التي هي ميتافيزيائية فارغةٌ ولذلك يجب وضعها على نفس المستوى، فالصفوف الفارغة هي صفوف جزئية لكل الصفوف بما فيها الصفوف الفارغة وهي

(*3) انظر الفقرة 38، والملحقات الأول*، السابع*، والثامن* من هذا الكتاب.

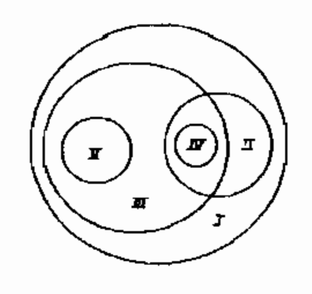
إذاً متطابقة (ولذا يقال «يوجد صف فارغ وحيد»). لنشر إلى قضية تجربية بـ e وإلى تحصيل حاصل بـ t وإلى قضية ميتافيزيائية بـ m (مثلاً القضية الكلية: يوجد) ولدينا $Fsb(t) = Fsb(m)$ و $Fsb(e) > Fsb(t)$ الخ. سنضع درجة قابلية التفنيد لقضايا تحصيل حاصل وللقضايا الميتافيزيائية 0 ونكتب $Fsb(t) = Fsb(m) = 0$ و $Fsb(e) > 0$.

لنسند إلى التناقض (ونرمز له بـ k) صف كل القضايا القاعدية الممكنة منطقياً كصف إمكانيات تفنيده، بحيث تصبح كل القضايا مشتركة القياس، فيما يتعلق بإمكانيات تفنيدها، مع التناقض. ولدينا $Fsb(k) > Fsb(e) > 0$[*4]. ولنضع اعتباطياً درجة قابلية التفنيد للتناقض $Fsb(k) = 1$. يمكننا عندئذٍ تعريف مفهوم «القضية التجربية» وفق العلاقة $1 > Fsb(e) > 0$. يقع $Fsb(e)$ بحسب هذه العلاقة في «مجال مفتوح» (عدا حدي المجال). وتعبر العلاقة، بعد أن أقصينا التناقض [81] وتحصيل الحاصل (والقضايا الميتافيزيائية)، عن شرط عدم التناقض وشرط قابلية التفنيد في آن واحد.

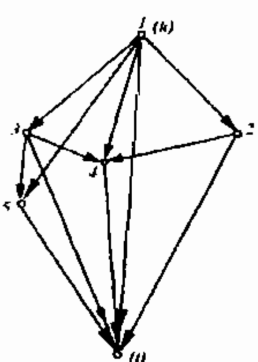
34 ـ بنية علاقة الصفوف الجزئية. «الاحتمال المنطقي»

عرفنا المقارنة بين قابلية تفنيد قضيتين بواسطة علاقة الصفوف الجزئية ولذا يشترك هذان المفهومان في نفس الخواص البنيوية. سنناقش علاقات القياس المشترك بواسطة مخطط (الشكل 1) مثّلنا فيه إلى اليمين بعض العلاقات بين الصفوف الجزئية، (الشكل 1a) علاقات الصفوف الجزئية، وإلى اليسار العلاقات المقابلة لها بين قابليات الفحص.

الشكل رقم (1a)
علاقات الصفوف الجزئية



الشكل رقم (1b)
مقارنة قابلية الفحص



(4*) انظر أيضاً الملحق الجديد السابع* من هذا الكتاب.

وتقابل الأرقام العربية إلى اليسار الأرقام الرومانية إلى اليمين بحيث تقابل القضايا المشار إليها بالأرقام العربية الصفوف المشار إليها بالأرقام الرومانية والتي ننظر إليها كصفوف إمكانيات تفنيد القضايا المقابلة. تشير الأسهم في مخطط مقارنة قابليات الفحص من القضية قابلة الفحص على نحو أفضل أي قابلة التفنيد على نحو أفضل إلى القضية قابلة الفحص على نحو أقل جودة. (وهي تقابل أسهم التضمن)[3].

يرينا المخطط إمكانية الحصول على سلاسل مختلفة من الصفوف الجزئية، كالسلسلة IV، II، I أو V، III، I، ويمكن جعل هذه السلاسل «أكثر كثافة» بوضع صفوف جزئية إضافية بين كل حدين من حدودها. تبدأ كل هذه السلاسل عندنا بـ I وتنتهي بالصف الفارغ لأنه صف جزئي من كل صف. [وهو لهذا السبب غير ممثل في القسم الأيمن من الشكل لأن عليه، إذا صح التعبير، أن يوجد في كل مكان]. وإذا طابقنا I مع صف كل القضايا القاعدية الممكنة فإن I هو التناقض (k). [82] ويمثل الصفر 0 تحصيل الحاصل (t) [المقابل للصف الفارغ]. يمكن الانتقال من I إلى الصف الفارغ وعلى نفس النحو من k إلى t بطرق مختلفة ويمكن لهذه الطرق في ظروف معينة أن تتقاطع كما يرينا الجانب الأيسر من المخطط. ولهذا نقول إن للعلاقة بنية «شباك» (شباك سلاسل مرتب بالأسهم)[م]. نجد فيه «نقطاً عقدية» (القضايا 4 و 5 مثلاً)، يرتبط فيها الشباك جزئياً. أما الشباك المرتبط كلياً فهو في حالتي «كل الصفوف» وحالة الصف الفارغ فقط أي في حالتي التناقض k وتحصيل الحاصل t.

والسؤال الآن هو، ترى هل يمكننا ترتيب درجات قابلية التفنيد لمختلف القضايا «سلمياً»؟ أو بعبارة أخرى هل يمكننا إعطاء القضايا أعداداً نرتبها وفق درجات قابلية تفنيدها؟ لن يكون من الممكن إعطاء أعداد لكل القضايا في كل مرة[*5] وإلا لجعلنا من القضايا التي ليس لها قياس مشترك قضايا مشتركة القياس اعتباطياً. ولكن ما من شيء يمنعنا من أخذ سلسلة من سلاسل «الشباك» وترتيب

---

(3) انظر الفقرة 35 من هذا الكتاب.

(*5) لا أزال أعتقد أن محاولات جعل كل القضايا قابلة للمقارنة بإعطاء مترية تستخدم لزوماً عنصراً خارج المنطق واعتباطياً. وهذا واضح تماماً في حالة قضايا من النوع «كل الناس البالغين أطول من نصف متر» (أو كل الناس البالغين أقصر من ثلاثة أمتار) فهي منطوقات لمحمولها صفة مقيسة. وفي الواقع من الممكن أن نبيّن أن مترية الموضوع وقابلية التفنيد يجب أن تكون تابعة لمترية المحمول ويجب أن تحتوي هذه المترية الأخيرة عنصراً اعتباطياً أو خارجاً عن المنطق. يمكننا طبعاً إنشاء لغة اصطناعية وأن نضع مترية لها. ولكن القياس الذي نحصل عليه ليس منطقياً بحتاً، مهما بدا لنا «واضحاً»، مادام لا يقبل إلا محمولات منفصلة، ونوعية أي نعم ـ لا (خلافاً للمحمولات الكمية المقيسة). انظر الملحق التاسع* من هذا الكتاب، المذكرتين الثانية والثالثة.

قضايا هذه السلسلة عددياً وعلينا عندئذ أن نقوم بهذه العملية على نحو نعطي فيه دوماً لقضية أقرب من التناقض [k] عدداً أكبر من العدد الذي نعطيه لقضية أقرب من تحصيل الحاصل [t]. وبما أننا أعطينا لتحصيل الحاصل وللتناقض بالترتيب 0 و 1 فستأخذ عندئذ القضايا التجربية للسلسلة التي اخترناها ترتيبات عددية هي كسور حقيقية.

وليس ما يدعونا إلى اختيار سلسلة على هذا النحو والتي سيكون فيها إعطاء الأعداد اعتباطياً في كل الأحوال. إلا أن المهم في هذا هو أنه يمكننا إعطاء أعداد كسرية نظراً للعلاقات بين مفهوم مقارنة قابلية التفنيد ومفهوم الاحتمال. فإذا استطعنا مقارنة قضيتين بحسب درجة قابلية التفنيد فسنستطيع القول إن القضية قابلة التفنيد بدرجة أقل هي القضية «الأكثر احتمالاً» بالنظر إلى شكلها المنطقي. نسمي هذا الاحتمال[6*] الاحتمال المنطقي[4]. ويجب عدم الخلط مع الاحتمال العددي [83] المستعمل في نظرية ألعاب الزهر وفي الإحصاء. إن الاحتمال المنطقي لقضية متمم لدرجة قابليتها للتفنيد ويزداد مع نقصان الدرجة ويقابل درجة قابلية التفنيد 0 الاحتمال المنطقي 1 والعكس بالعكس. والقضية الأفضل قابلية للفحص هي القضية «الأقل احتمالاً منطقياً» بينما القضية قابلة الفحص على نحو أقل جودة هي القضية «الأكثر احتمالاً منطقياً».

يمكن ربط الاحتمال العددي بالاحتمال المنطقي وبالتالي بدرجة قابلية التفنيد، كما سنرى في الفقرة 72، والنظر إلى الاحتمال العددي كسلسلة جزئية من علاقة الاحتمالات المنطقية، عرفنا من أجلها مترية تعتمد على تقويمات التواتر.

لا تصح الاعتبارات المتعلقة بمقارنة قابليات التفنيد وبنيتها على القضايا

(6*) استعمل الآن (ومنذ 1938) التعبير «الاحتمال المنطقي المطلق» بدلاً من «الاحتمال المنطقي» للتركيز على التفريق بينه وبين «الاحتمال المنطقي النسبي» (الاحتمال المنطقي الشرطي). انظر في هذا الشأن الملحقات الثاني*، الرابع*، السابع*، والتاسع* من هذا الكتاب.

(4) يقابل مفهوم «الاحتمال المنطقي» (قابلية الفحص) مفهوم بولزانو (Bolzano) في «الصحة» وخاصة عندما يطبقه لمقارنة القضايا، إذ يشير إلى القضية المتقدمة في علاقة قابلية اشتقاق بأنها القضية الأقل صحة، وإلى القضية التالية بأنها «القضية الأصح». انظر المجلد الثاني، الفقرة 157، رقم 1 من:
Bernard Bolzano, *Wissenschaftlehre* (Sulzbach: [s. n.], 1837).

وشرح بولزانو في: المصدر المذكور، الفقرة 147 علاقة مفهومه في الصحة بالاحتمال. انظر أيضاً كينيز في كتابه: John Maynard Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit = A Treatise on Probability* (Leipzig: John. Ambr. Barth, 1926), p. 191.

حيث تبين الأمثلة المعطاة فيه أن مقارنتنا للاحتمالات المنطقية تنطبق على مقارنته للاحتمال الذي ننسبه نحن إلى تعميم قبلي.

الكلية وحدها (النظمات النظرية) وإنما يمكن بسطها لتشمل قضايا خاصة، وعلى سبيل المثال لتشمل نظريات مرتبطة بشروط على الحدود. فصفوف إمكانيات التفنيد في هذه الحالة ليست صفوف سيرورات ـ ليست قضايا أساسية متماذجة ـ وإنما صفوف أحداث. (تتصل هذه الملاحظة بالارتباط بين الاحتمال المنطقي والاحتمال الرياضي الذي نعرضه في الفقرة 72).

35 ـ المضمون التجربي، علاقة التضمن، درجة قابلية التفنيد

بيّنا في الفقرة 31 أن «المضمون التجربي» لقضية يزداد بازدياد درجة قابلية تفنيدها: وكلما ازداد ما تمنعه قضية كلما ازداد ما تنطق به عن «الواقع التجربي»[5]. نستعمل ما نسميه المضمون التجربي بمعنى قريب، وإن لم يكن متطابقاً، من مفهوم «المضمون» كما يعرفه كارناب[6] على سبيل المثال. سنشير إلى هذا المفهوم بـ «المضمون المنطقي» لتفريقه عن التجربي. [84]

يمكننا تعريف المضمون التجربي لقضية p بأنه صف إمكانيات تفنيده[7]. بينما يعرف المضمون المنطقي بواسطة علاقة قابلية اشتقاقه، إنه مجموعة القضايا التي ليست تحصيل حاصل، قابلة الاشتقاق من القضية المذكورة، (مجموعة القضايا التالية). وهكذا فالمضمون المنطقي لـ p أكبر أو مساو لمضمون q إذا كانت q تشتق من p $(p \rightarrow q)$[*7]. وإذا كانت قابلية الاشتقاق من الجانبين $(p \leftrightarrow q)$ فنقول عندئذ أن p و q «متساويتا المضمون»[8]. أما إذا كانت q تشتق من p من جانب واحد

(5) قارن الفقرة 6 من هذا الكتاب.

(6) Rudolf Carnap, «Die Physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft,» *Erkenntnis*, 2 (1932), p. 458.

(7) انظر الفقرة 31 من هذا الكتاب.

(*7) تعني $p \rightarrow q$ بحسب هذا الشرح أن القضية الشرطية مع المقدم p والتالي q تحصيل حاصل، أو أنها حقيقية منطقياً (لم تكن هذه النقطة واضحة في ذهني عندما كتبت النص، كما أني لم أكن أفهم أن للدعاوى عن قابلية الاشتقاق طابعاً ما بعد لغوي (ميتالغوي)). انظر أيضاً الهامش رقم (11*) للفقرة 18 أعلاه. وهكذا يمكن أن نقرأ $p \rightarrow q$ بالقول إن p تتضمن q.

(8) يقول كارناب إن العبارة المنهجية «متساوي المضمون» تعرف الاشتقاق من الجانبين. انظر: Carnap, Ibid.

نشر كارناب كتابَي: Logische *Syntax de Sprache*, 1934, و *Die Aufgabe der Wissenschaftslogik*, 1934 بعد كتابنا ولم نأخذهما بعين الاعتبار.

فمن الضروري أن تكون مجموعة التوالي لـ q صفاً جزئياً حقيقياً من مجموعة التوالي لـ p؛ ولـ p مجموعة التوالي الأكثر امتداداً، والمضمون المنطقي الأكبر[*8].

عرفنا المقارنة بين المضمون المنطقي لقضيتين p وq على نحو تنطبق فيه المقارنتان المنطقية والتجريبية للمضمون عندما لا تتضمن القضايا المقارنة أي مكون ميتافيزيائي. ولذا يجب أن نطالب بـ (أ) يجب أن يكون لقضيتين يتساوى مضمونهما المنطقي نفس المضمون التجريبي. (ب) يجب أن يكون لقضية p مضمونها المنطقي أكبر من المضمون المنطقي لـ q مضمون تجريبي أكبر أو مساو على الأقل لمضمون q التجريبي. (ج) إذا كان المضمون التجريبي لـ p أكبر من نظيره لـ q وجب أن يكون المضمون المنطقي لـ p أكبر كذلك وإلا فليس للقضيتين قياس مشترك. توجب علينا في (ب) إضافة مساو على الأقل لأنه من الممكن أن تكون p ترافقاً من q ومن قضية، يوجد، العامة على سبيل المثال (أو من q ومن قضية ميتافيزيائية يتوجب علينا إسناد مضمون منطقي لها) ففي هذه الحالة ليس لـ p مضمون تجريبي أكبر من نظيره لـ q. وأضفنا في (ج) لاعتبارات مماثلة، «ليس .. قياس مشترك»[*9].

ستسير مقارنة قابلية الفحص أو مقارنة المضامين التجريبية، تبعاً لما سبق، بصورة عامة ـ أي في حالة القضايا التجريبية البحتة ـ جنباً إلى جنب مع قابلية الاشتقاق أو علاقة التضمن أي مع مقارنة المضمون المنطقي. ولذا سنستطيع الاعتماد إلى حد كبير على علاقة التضمن لمقارنة قابلية التفنيد. فكل من العلاقتين [85] «شباك» مرتبط كلياً بالتناقض وبتحصيل الحاصل[9]. يتضمن التناقض كل قضية أما تحصيل الحاصل فهو متضمن في كل قضية. وكما ميّزنا القضايا التجريبية بأنها القضايا التي تقع بحسب درجات قابليتها للتفنيد في المجال المفتوح بين التناقض وتحصيل الحاصل يمكننا كذلك القول إن القضايا التركيبية (بما فيها القضايا غير التجريبية) تقع بحسب علاقة التضمن (كعناصر) في المجال المفتوح بين التناقض وتحصيل الحاصل.

قد ينتج من الطرح الوضعي القائل إنه «لا معنى» لكل القضايا غير «التجريبية» (الميتافيزيائية) طرح آخر يرى أن لا طائلة من التمييز الذي وضعناه بين القضايا

(*8) إذا كان المضمون المنطقي لـ p أكبر منه لـ q فنقول إن p أقوى منطقياً من q أو أن قوته المنطقية تتجاوز قوة q.

(*9) انظر من جديد الملحق السابع* من هذا الكتاب.

(9) انظر الفقرة 34 من هذا الكتاب.

التجربة والقضايا «التركيبية» أو بين المضمون التجربي والمضمون المنطقي. فكل القضايا التركيبية من وجهة نظر هذا الطرح، هي بالضرورة تجربية وإلا فهي قضايا ظاهرية مزيفة. لا شك في أنه يمكن الكلام على هذا النحو إلا أن هذا يربك، على ما أرى، العلاقات ولا يقدم أي إيضاح منطقي مقبول.

وبما أننا اعتبرنا مقارنة المضمون التجربي لقضيتين مطابقةً لمقارنة قابلية التفنيد، فإن الطلب المنهجي لأقوى قابلية مراقبة ممكنة للنظريات[10] يبدو مكافئاً لطلب النظريات ذات أكبر مضمون تجربي ممكن.

36 ـ العمومية والتحديد

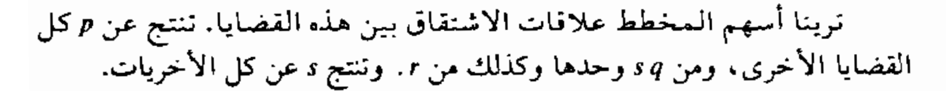
توجد تطلبات منهجية أخرى يمكن إرجاعها إلى طلب المضمون التجريبي الأكبر ما يمكن. وأهم هذه التطلبات التطلبان التاليان: أكبر عمومية ممكنة للنظريات العلمية التجربية وأكبر ما يمكن من التحديد أو من الدقة. ولننظر، بناء على هذا، إلى القوانين التالية:

p: كل الأجرام السماوية ذات المسارات المغلقة، مساراتها دائرية أو أن كل مسارات الأجرام السماوية دوائر.

q: كل مسارات الكواكب دوائر.

r: كل مسارات الأجرام السماوية قطوع ناقصة.

s: كل مسارات الكواكب قطوع ناقصة.



ترينا أسهم المخطط علاقات الاشتقاق بين هذه القضايا. تنتج عن p كل القضايا الأخرى، ومن q s وحدها وكذلك من r. وتنتج s عن كل الأخريات.

تنقص عمومية القضية من p إلى q وتنطق q بأقل مما تنطق به p لأن مسارات الكواكب صف جزئي حقيقي من مسارات الأجرام السماوية. ولذا فإن p قابلة للتفنيد بسهولة أكبر من q. وبدحض q يمكن دحض p ولكن العكس غير صحيح. [86] ينقص من p إلى r تحديد «المحمول» فالدوائر صف جزئي حقيقي من القطوع الناقصة. وإذا دحض r فـ p مدحوض أيضاً ولكن العكس غير صحيح. وكذلك الأمر بالنسبة لبقية الاتجاهات: فـ s أقل عمومية وأقل تحديداً من p، وs أقل

(10) قارن على سبيل المثال القواعد المضادة للمواضعة في الفقرة 20 من هذا الكتاب.

تحديداً من q وأقل عمومية من r. ويقابل العمومية الأكبر أو التحديد الأكبر مضمون (منطقي أو تجربي) أكبر أي درجة قابلية فحص أكبر.

ولما كان من الممكن كتابة القضايا العامة والخاصة على شكل «تضمن شمولي» فمن الممكن بسهولة إجراء مقارنة دقيقة بين عمومية قضيتين وتحديدهما.

يأخذ «التضمن الشمولي»[11] الشكل التالي: $(x)(\varphi x \rightarrow fx)$ ونقرأ كل قيم x التي تحقق دالة المنطوق φx تحقق أيضاً دالة المنطوق fx. فمثلاً (x قاطع ناقص $\rightarrow$ x مدار كوكب) (x). نقول عن قضيتين p وq مكتوبتين بهذا «الشكل الاعتيادي» إن لـ p عمومية أكبر من عمومية q إذا كانت دالة المنطوق المشترطة لـ p (ويمكننا الرمز إليها بـ $\varphi_p x$) مُتَضَمَنة شمولياً كتحصيل حاصل وحيد الجانب لدالة المنطوق المشترطة لـ q (ونرمز إليها $\varphi_q x$) أي إذا تحقق $(x)(\varphi_q x \rightarrow \varphi_p x)$ كتحصيل حاصل. وعلى العكس سنقول إن لـ p تحديداً أكبر من تحديد q إذا تحقق $(x)(f_p x \rightarrow f_q x)$ كتحصيل حاصل أي إذا كان محمول p أضيق من محمول q أي إذا تضمن محمول p محمول q[*10].

يمكن توسيع هذا التعريف ليشمل دالات المنطوق بأكثر من متغير واحد. كما ينتج منه بإجراء تحولات منطقية بدائية علاقات قابلية الاشتقاق التي تحدثنا عنها ونعني القاعدة التالية[12]: إذا كان لقضيتين عموميةٌ وتحديدٌ قابلان للمقارنة فإن القضية الأقل عمومية أو الأقل تحديداً تشتق من القضية الأكثر عمومية أو الأكثر تحديداً. إلا إذا كانت إحدى القضيتين أكثر عمومية والأخرى أكثر تحديداً[13].

---

(11) انظر الهامش رقم (11)، الفقرة 14 من هذا الكتاب.

(10*) ترمز الأسهم في هذه الفقرة، كما نرى، على خلاف ما هو عليه الأمر في الفقرتين 18 و35، إلى علاقة شرطية وليس إلى علاقة تضمن منطقي. انظر أيضاً الهامش رقم (11*)، الفقرة 18 من هذا الكتاب.

(12) يمكننا أن نكتب:

$$[(\varphi_q x \rightarrow \varphi_p x) \, . \, (f_p x \rightarrow f_q x)] \rightarrow [(\varphi_p x \rightarrow f_p x) \rightarrow (\varphi_q x \rightarrow f_q x)]$$

أو باختصار:

$$[(\varphi_q \rightarrow \varphi_p) \, . \, (f_p \rightarrow f_q)] \rightarrow (p \rightarrow q)$$

* ويتضح الطابع البدائي، المشار إليه في النص، لهذه العلاقة عندما نكتب:

$$[(a \rightarrow b).(c \rightarrow d)] \rightarrow [(b \rightarrow c) \rightarrow (a \rightarrow d)]$$

ونبدل إذاً وفقاً للنص p عوضاً عن $b \rightarrow c$ وq عوضاً عن $a \rightarrow d$ الخ.

(13) يقابل ما نسميه بالعمومية الأكبر إلى حد ما تسمية المنطق التقليدي الماصدق الأكبر لمفهوم الموضوع، وما نسميه بالتحديد الأكبر هو الماصدق الأصغر أو تضييق مفهوم المحمول.

[87] ويمكننا القول إن تطلبنا المنهجي بعدم ترك أي شيء من دون تفسير (المسمى أحياناً ميتافيزيائياً قضية السببية) أي مطالبتنا بالمحاولة الدؤوبة بالرجوع إلى القضايا الأكثر عمومية إنما هو ناتج من تطلعنا نحو النظريات الأعم والأكثر تحديداً قدر ما يستطاع، وهو مكافئ أيضاً إلى طلب الرجوع إلى أقوى قابلية الفحص[*11].

37 ـ الساحة المنطقية ـ ملاحظات حول دقة القياس

إذا كانت p تفند بسهولة أكبر من q ـ لكونها أعم أو أكثر تحديداً ـ فإن صف القضايا القاعدية المسموح بها من قبل p هو صف جزئي حقيقي من القضايا القاعدية التي تسمح بها q: وعلاقات الصفوف الجزئية بين القضايا المسموح بها هي عكس العلاقات بين القضايا المحظورة (إمكانيات التفنيد). يمكن تسمية صف القضايا القاعدية المسموح بها ساحة القضية[14] ـ الساحة التي تعطيها قضية ما إلى الحقيقة. ومفهوما الساحة والمضمون[15] متعاكسان والعلاقة بين ساحتي قضيتين هي مثل العلاقة بين احتماليهما المنطقيين[16].

يساعد مفهوم الساحة الذي ذكرناه في حل بعض المشاكل المتعلقة بدقة القياس. فإذا اختلفت نتائج نظريتين اختلافاً طفيفاً في كل مجالات التطبيق، وإذا كانت الفروق في حساب السيرورات أدنى من حدود دقة القياس في مجال ما من مجالات التطبيق فهذا يعني أنه لن يمكننا الحسم تجريبياً بين النظريتين ما لم نحسن تقنية القياس[*12] بحيث يمكننا القول إن تقنية القياس تحدد ساحة معينة وتقبل النظرية في داخلها بالأرصاد المتفاوتة قليلاً بعضها عن بعض.

= ويمكن القول إن القاعدة المتعلقة بعلاقة قابلية الاشتقاق توحد ونوضح القول التقليدي dictum de omni et nullo (ما يقوله الجميع ولا يقوله أحد)؟ ومبدأ «nota - notae» (الأشياء المتعارف عليها)؟ وهو المبدأ الأساسي في الحمل غير المباشر. انظر على سبيل المثال الفقرة 263، رقم 1 و4 من: Bernard Bolzano, *Wissenschaftslehre*, and Oswald Külpe, *Vorlesungen über Logik*, Edited by Otto Selz (Leipzig: S. Hirzel, 1923), § 34, 5 and 7.

انظر أيضاً القضيتين q وr في مثلنا السابق.

(11*) انظر أيضاً الفقرة 15*، وكذلك الفصل الرابع*، وعلى الخصوص الفقرة 76*، النص المقابل للهامش 5 في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(14) كان فون كريز (Von Kries) (1886) أول من أدخل مفهوم الساحة Spielraum (فضاء اللعب حرفياً)؟. لدى بولزانو أفكار مشابهة؛ أما فايسمان فقد حاول ربط نظرية الساحة بنظرية التوترات، انظر: Friedrich Waismann, «Logische Analyse des Wahrscheinlichkeitsbegriffs,» *Erkenntnis*, 1 (1930), pp. 228 ff.

(15) انظر الفقرة 35 من هذا الكتاب.

(16) انظر الفقرتين 34، و72 من هذا الكتاب.

(12*) أعتقد أن دوهيم قد فسر خطأ هذا المشكل. انظر: Pierre Duhem, *The Aim and Structure of the Physical Theory*, pp. 137 ff.

ينتج من الطلب المنهجي بالبحث عن أقوى درجات قابلية الفحص للنظريات (وبالتالي عن أصغر ساحة ممكنة) البحث عن أعلى دقة في القياس قدر الإمكان.

جرت العادة على القول إن كل قياس يعتمد على التحقق من تطابق نقاط. وهذا صحيح إلى حد ما لأن تطابق النقاط بالمعنى الصحيح غير موجود[13*]. يمكن لنقطتين فيزيائيتين، نقطة على المسطرة ونقطة على الجسم المقيس، أن [88] تتقاربا بعضهما من بعض ولكنهما لا تتطابقان أي أنهما لا تقعان معاً في نقطة واحدة. قد لا يكون لهذه الملاحظة أهمية تذكر في مسائل عديدة ولكنها تكتسي أهمية كبيرة في مسألة دقة القياس. ولذلك سنبدأ بوصف عملية القياس. تقع نقطة الجسم الذي نريد قياسه بين تدريجتين من تدريجات المسطرة أو يقع مؤشر جهاز القياس بين تدريجتين من تدريجات العداد. يمكن النظر إلى التدريجتين كحد أقصى للخطأ كما يمكننا محاولة تقدير وضع المؤشر في المجال بين التدريجتين والحصول على نتيجة أدق. إلا أنه يبقى على الدوام مجال، ساحة، لا يُختزل، اعتاد الفيزيائيون على تقديره في كل قياس (على سبيل المثال فإن الشحنة البدائية (شحنة الإلكترون) هي حسب ميلليكان $e = 4,774.10^{-10} \pm 0,005.10^{-10}$ وحدة كهربائية راكدة). والسؤال الذي يطرح نفسه هو ما مغزى استبدال تدريجة عداد بتدريجتين ـ بواسطة حدي المجال (الساحة) ـ ستطرح من أجلهما نفس المسألة: ما هي حدود دقة القياس؟

وواضح أن الهدف الوحيد من إعطاء حدي المجال هو تحديد تدريجة الحد بدقة أكبر، أي للحصول على مجال أصغر بعدة رتب من مجال القياس الأولي. وبعبارة أخرى ليست الحدود في المجالات المتتالية حدوداً معينة تماماً وإنما هي مجالات (تنطبق عليها المحاكمة السابقة). ونصل على هذا الشكل إلى السؤال عما نقصد بحد غير مضبوط أو بحدود التكثيف لمجال ما.

لا تفترض هذه الاعتبارات وجود نظرية رياضية للأخطاء (أو حساب الاحتمالات). وتتجه بالأحرى في الاتجاه المعاكس؛ فقد أوضحت مفهوم مجال القياس أولاً أي أنها فرضت أنه من الممكن البدء بإحصاء الخطأ: عندما نقوم بقياسات عديدة لمقدار ما نحصل على قيم تتوزع بكثافات مختلفة ضمن مجال ما [أي مجال الدقة المرتبط بتقنية القياس]. وحينما نصبح على علم بما كنا نفتش

(13*) لنلاحظ أن الكلام هنا على القياس وليس على الأعداد والفرق بينهما شبيه إلى حد بعيد بالفرق بين الأعداد المُنطقة والأعداد الحقيقية.

عنه، أي بحدود التكثيف للمجال، فيمكننا تفسير إحصاء الخطأ واستخلاص المجال منه[*14].

ويلقي هذا الضوء على ما تمتاز به الطرق التي تستعمل القياس على الطرق الوصفية: يمكننا من دون شك في بعض الحالات إعطاء مجال دقة القياس عن طريق المقارنة الوصفية (كتقدير علو نغمة آلة موسيقية). ولكن هذه الطريقة تعطي نتائج غير [89] محدودة المعالم لأنها لا تستطيع تطبيق مفهوم حدود التكثيف، الذي لا يمكن تطبيقه إلا عندما نستطيع الكلام على رتبة المقدار أي عندما نعرف مترية. سنعود إلى استعمال مفهوم حدود تكثيف مجال القياس في حساب الاحتمالات[17].

38 ـ مقارنة الأبعـاد

أتاحت لنا مقارنة درجات الفحص التي درسناها تصنيف النظريات المختلفة في بعض الحالات بالاستعانة بعلاقة الصفوف الجزئية. وهكذا يمكننا الآن من التحقق من أن مبدأ النفي لباولي الذي أعطيناه في 20 كمثل هو في واقع الأمر بحسب تحليلنا، فرضية إضافية مرضية. هذه الإضافة تزيد النظرية الكمومية (القديمة) يقيناً وترفع بالتالي من درجة قابليتها الفحص (كما تفعل القضية المقابلة لها في الميكانيك الكمومي الجديد التي تنص على أن حالات الإلكترونات هي حالات متضادة التناظر بينما حالات الجزيئات غير المشحونة وبعض المشحونة أيضاً متناظرة).

إلا أن علاقة الصفوف الجزئية لا تفي بالغرض في كثير من الحالات. فقد بيّن فرانك على سبيل المثال كيف تتزلق بعض القضايا الأكثر عمومية ـ كمبدأ انحفاظ الطاقة في صياغة بلانك ـ إلى تحصيل حاصل وتصبح غير ذات محتوى تجربي إذا استحال إعطاؤها الشروط على الحدود «.. بواسطة بعض القياسات ... بواسطة ... عدد صغير من مقادير الحالة»[18]. ولا تتضح مسألة عدد مقادير الحالة التي تستبدل بها الشروط على الحدود بالاستعانة بمقارنة الصفوف الجزئية، رغم ارتباط المسألة الوثيق والواضح بدرجات قابلية الفحص وقابلية التفنيد: كلما نقصت مقادير

(*14) هذه الاعتبارات تتصل صلة دقيقة بالنتائج التي تحدثنا عنها في النقطة 8 وما يليها من مذكرتي الثالثة والتي عدنا إليها في الملحق التاسع* من هذا الكتاب. كما أنها تؤيد هذه النتائج. انظر أيضاً الفقرة 15* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, حيث شرحنا أهمية القياس في معرفة مدى «عمق» النظرية.

(17) انظر الفقرة 68 من هذا الكتاب.

(18) انظر: Philipp Frank, Das *Kausalgesetz und seine Grenzen*, Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffassung; 6 (Wien; Berlin: Springer, 1932), p. 24.

الحالة التي يجب أن تحل محل الشروط على الحدود كلما نقصت عقدية[*15] القضايا القاعدية الكافية لتفنيد النظرية، ذلك أن القضية القاعدية المُفنِدة مكونة من ترافق الشروط على الحدود مع نفي التنبؤ المشتق[19]. وهكذا فمن الممكن مقارنة النظريات إذا نجحنا في مقارنة القضايا القاعدية من حيث تكونها من عدد أكبر أو أصغر من قضايا قاعدية أبسط منها ومن حيث كونها أكثر أو أقل عقدية؛ ونقارن النظريات من حيث الدرجة الدنيا من عقدية القضايا القاعدية التي نحتاج إليها لتفنيد النظرية: كل القضايا القاعدية الأقل عقدية، أياً كان محتواها، مسموح بها من قبل النظرية وتتواءم معها تحديداً لأنها لم تبلغ الدرجة الدنيا.

[90] إلا أن مشروعاً من هذا القبيل سيصطدم بصعوبات كبيرة لأنه من غير الممكن بصورة عامة أن نرى إذا كانت قضية ما عقدية أي أنها مكافئة لترافق قضايا أبسط منها: تقع في كل القضايا كليات ولما كان من الممكن تفريق الكليات فمن الممكن أيضاً تفريق القضايا (على سبيل المثال القضية «يوجد في الموضع *k* كأس ماء» نفرقها إلى «يوجد في الموضع *k* كأس فيه سائل» و«يوجد في الوضع *k* ماء»). ولما كان من الممكن تعريف كليات جديدة على الدوام فمن المستحيل وضع حدود لتفريق القضايا.

ولننظر إلى الاقتراح التالي، الذي قد يتيح مقارنة درجات عقدية القضايا، القاضي بتمييز صف من القضايا «كقضايا أولية» أو «كقضايا ذرية»[20] تتألف منها كل القضايا الأخرى بالترافق (أو بأي عملية أخرى). وسيمكّننا هذا إن تحقق من تعريف نقطة الصفر المطلق في العقدية ومن التعبير عن عقدية أي قضية بإعطاء درجة عقديتها المطلقة[*16]. إلا أن هذا الإجراء غير مناسب

(15*) فيما يتعلق بالتعبير «عقدي»، انظر الهامش رقم (2*)، الفقرة 32 من هذا الكتاب.

(19) انظر الفقرة 28 من هذا الكتاب.

(20) «قضايا أولية» استعملها فيتكنشتاين في: *Tractatus Logico - Philosophicus*

القضية 5: «القضية هي دالة حقيقة لقضايا أولية». أما روسيل ووايتهيد فاستعملا قضية ذرية (خلافاً «للقضية الجزئية» العقدية)، انظر المقدمة في: **Alfred North Whitehead and Bertrand Russell, *Principia Mathematica*, 2nd ed. (London: Cambridge University Press, 1925).**

(16*) تحدد درجة العقدية المطلقة بطبيعة الحال درجة المضمون المطلق ومعها عدم الاحتمال المنطقي المطلق. أما البرنامج الذي أشرنا إليه هنا والرامي إلى إدخال عدم الاحتمال ومعه الاحتمال عن طريق تمييز صف من القضايا الذرية المطلقة (والذي وضع فيتكنشتاين خطوطه الكبرى) فقد عاد إليه حديثاً كارناب في كتابه: **Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability* (Chicago: University of Chicago Press, 1950),**

ونفذه بهدف بناء نظرية استقراء. انظر أيضاً ملاحظاتي حول اللغات المنوالية في مقدمتي للطبعة الإنكليزية 1959 حيث ألمحت إلى عدم قبول المنوالية الثالثة (نظمة اللغة لكارناب) أي خاصة مقيسة (كما أنها لا تسمح على شكلها الحالي بإدخال أي ترتيب مكاني أو زماني).

على الإطلاق للأسباب التي أعطيناها أعلاه وسيؤدي حتماً إلى عرقلة استعمال اللغة العلمية[17*].

ومع ذلك فمن الممكن مقارنة عقدية القضايا القاعدية وبالتالي عقدية القضايا الأخرى بأن نعيّن اعتباطياً صف قضايا ذرية نسبياً نطبق عليه مقارنة العقدية. ويمكننا [91] تعريف هذا الصف بواسطة قالب مولد (مثلاً «في موضع . . . جهاز قياسي معلق . . . يقع مؤشره بين التدريجتين. . . و. . .») يمكننا تعريف كل القضايا التي نحصل عليها من مثل هذا القالب (دالة المنطوق) بوضع قيم محددة كقضايا ذرية نسبياً ـ أي كقضايا متساوية العقدية ـ. نسمي صف هذه القضايا والقضايا المكوّنة منها حقلاً. ويكون ترافق n قضية ذرية نسبياً مختلفة بعضها عن بعض قضية نسميها المضاعف n للحقل ونقول إن درجة عقدية القضية هي n.

وإذا وجد لنظرية t حقل قضايا منفردة (لا لزوم بأن تكون قضايا قاعدية) بحيث لا يمكن تفنيد النظرية بأي مضاعف d للحقل ولكن يمكن تفنيدها بمضاعف $d+1$ ما فنقول إن d هو العدد المميز للنظرية بالنسبة لهذا الحقل: وكل قضايا الحقل التي تنقص درجة عقديتها عن d أو تساويها وبغض النظر عن محتواها مسموح بها وتوائم النظرية.

وسنعتمد الآن على هذا العدد المميز d لمقارنة قابلية فحص النظريات. هذا ولتجنب الوقوع في تناقضات قد تنشأ عن استعمال حقول مختلفة فإنه من الضروري إقامة مقارنة قابلية الفحص على مفهوم أضيق للحقل ونعني مفهوم حقل التطبيق: نقول عن حقل، لنظرية t معطاة، إنه حقل تطبيق للنظرية t إذا كان لـ t بالنسبة لهذا الحقل العدد المميز d وإذا ملأت إضافة إلى ذلك بعض الشروط ـ التي نشرحها في الملحق الأول ـ.

نقول عن d، العدد المميز للنظرية بالنسبة لحقل التطبيق، أيضاً إنه بعد t بالنسبة لحقل التطبيق هذا. يفرض تعبير البعد نفسه لأنه يمكننا تصور كل المضاعفات n للحقل مرتبة فضائياً في فضاء (عدد أبعاده لامنته). وهكذا إذا كان $d=3$ فإن القضايا المضاعف 3 المسموح بها نظراً لضآلة عقديتها، تشكل فضاءً

(17*) يجب أخذ التعبير «استعمال اللغة العلمية» بالمعنى الساذج وعدم إعطائه المعنى المتخصص لما يعرف اليوم باسم «نظمة لغوية». وعلى العكس تماماً فإن طرحي الأساسي هو أنه لا يمكن للعلميين أن يستعملوا أي نظمة لغوية، هذا ما يجب ألا ننساه، لأنهم مضطرون إلى تغيير لغتهم باستمرار وفي كل خطوة يخطونها. فالمادة والذرة بعد روذرفورد والمادة والطاقة بعد آنشتاين لم تحتفظ بمعناها السابق، ومعاني هذه المفاهيم تابعة للنظرية الناشئة والمتغيرة على الدوام.

جزئياً ذا أبعاد ثلاثة من هذا الترتيب الفضائي. وعندما ننتقل من $d=3$ إلى $d=2$ فيقابل ذلك الانتقال من المجسم إلى السطح. وكلما صغر البعد d كلما تقلص بعد صف القضايا المسموح بها ـ بغض النظر عن محتواها ـ التي لا تستطيع نظراً لضآلة عقديتها نقض النظرية، وكلما سهل تفنيد النظرية.

وعلى الرغم من أننا لم نقصر مفهوم حقل التطبيق على القضايا القاعدية، وأننا على العكس قبلنا بذلك للقضايا المنفردة لا على التعيين، فإنه من الممكن تقدير عقدية قضية قاعدية بواسطة مقارنة الأبعاد (مع الفرض أن يقابل القضايا المنفردة العقدية قضايا قاعدية عقدية). وهكذا يمكننا الفرض أنه يقابل نظرية ذات بعد كبير صف قضايا قاعدية ذو بعد كبير مسموح به بغض النظر عن محتواها. [92]

وهكذا يمكننا الآن من الإجابة عن السؤال التالي: ما هي العلاقة بين مقارنتي قابلية الفحص لنظرية ما والمعتمدة الأولى على بعد النظرية والثانية على علاقة الصفوف الجزئية؟ هناك حالات لا يمكن فيها تنفيذ أي من المقارنتين وأخرى لا يمكن تنفيذ إلا واحدة منهما وبالطبع لا يوجد هنا أي تصادم بين المقارنتين. أما إذا كان القيام بالمقارنتين معاً وفي آن ممكناً في حالة معينة فليس ما يمنعنا من تصور نظريتين لهما نفس البعد من جهة ودرجتا قابلية تفنيد بالاعتماد على علاقة الصفوف الجزئية مختلفتان من جهة أخرى. يجب الاعتماد في هذه الحالة على طريقة علاقة الصفوف الجزئية لأنها أكثر حساسية، وهو أمر يمكن إثباته. أما في كل الحالات الأخرى التي يمكن تطبيق الطريقتين فيهما فالنتيجة واحدة حتماً، ذلك أن مبرهنة بسيطة في نظرية الأبعاد[21] تبيّن أن بعدَ صف أكبرُ من بعد كل صف من صفوفه الجزئية أو يساويه.

39 ـ بعد صف منحنيات

يمكننا أحياناً مطابقة حقل التطبيق لنظرية ما على حقل التمثيل البياني لهذه النظرية بحيث تقابل قضية ذرية نسبياً كل نقطة من حقل التمثيل البياني. ويتطابق بعد النظرية بالنسبة لحقل التطبيق (المعرف في الملحق الأول) مع بعد صف المنحنيات المقابل للنظرية. سنشرح هذه العلاقات بالاستعانة بالقضيتين q وs[22]. (نعني أنه

(21) انظر: Karl Menger, *Dimensionstheorie* (Leipzig: B. G. Teubner, 1928), p. 81.

إننا مدينون لإثبات هذه المبرهنة لأنه يبيّن أنها تنطبق على مسألتنا من دون قيد. * يمكن فرض الشروط اللازمة لثبوت المبرهنة متحققة دوماً في «الفضاءات» التي نتعامل معها هنا.

(22) انظر الفقرة 36 من هذا الكتاب.

يمكننا الاستعانة بمقارنة الأبعاد النظر فقط في اختلاف المحمول): فالفرضية الدائرية q ذات أبعاد ثلاثة ويمكن تفنيدها بدءاً بقضية منفردة رابعة للحقل، أي بنقطة رابعة في التمثيل البياني، وفرضية القطع الناقص ذات خمسة أبعاد وتفند بدءاً بقضية منفردة سادسة أي بنقطة سادسة في التمثيل البياني. وقد رأينا سابقاً في الفقرة 36 أن تفنيد q أسهل من تفنيد s، ولأن كل الدوائر هي أيضاً قطوع ناقصة فقد اعتمدنا على علاقة الصفوف الجزئية للمقارنة. إلا أن مقارنة الأبعاد تسمح لنا بمقارنة نظريات لم يكن من الممكن مقارنتها، كمقارنة الفرضية الدائرية بفرضية ذات أبعاد أربعة، فرضية القطع المكافئ. تشير كل من الكلمات «دائرة»، «قطع ناقص»، «قطع مكافئ» إلى حزمة من المنحنيات، إلى صف من المنحنيات؛ [93] ولصف المنحنيات البعد d عندما يقتضي الأمر d نقطة (d قطعة تعيين) لتمييز أحد عناصر الصف. أما في التمثيل الجبري فإن بعد صف المنحنيات هو عدد الوسطاء الحرة المتاحة. ويمكننا القول إن عدد الوسطاء الحرة المتاحة لصف منحنيات هو عدد مميز لدرجة قابلية تفنيد النظرية المرتبطة بصف المنحنيات هذا.

ونود هنا بمناسبة المثل الذي أعطيناه والقضيتين q وs، إبداء بعض الملاحظات المنهجية حول اكتشاف قوانين كبلر[(18*)].

إننا أبعد ما نكون عن فرض وجود اعتبارات منهجية تتعلق بدرجة قابلية التفنيد، واعية كانت أو غير واعية، وراء الإيمان بالكمال الذي قاد، كمبدأ استكشاف، كبلر في عمله. ولكننا نعتقد أن الفضل في نجاح كبلر يعود، إلى حد ما، إلى كون فرضية الدائرة التي انطلق منها سهلة التفنيد نسبياً. ولو انطلق من فرضية أخرى أقل قابلية للفحص نظراً لصيغتها المنطقية من فرضية الدائرة لما وصل على ما نظن إلى أي نتيجة نظراً لصعوبة الحسابات التي كانت قائمة في السماء إن صح التعبير. إن أول نجاح حقيقي لكبلر هو هذه النتيجة السلبية التي وصل إليها حسابياً والتي فندت فرضيته الدائرية. وهكذا أصبحت الطريقة مبررة إلى حد تسمح به لكبلر بمتابعة البناء، خاصة وأن تقويمه الأول أعطى بعض الحلول التقريبية.

كان من الممكن ولا شك الوصول إلى قوانين كبلر بطرق أخرى ولكننا لا نعتقد أن نجاح هذه الطريقة بالذات قد جاء صدفة. إنه الجواب لطريقة انتقاء

(18*) لاقت الأفكار التي نشرحها هنا قبولاً مع الإشارة إلى كتابي من قبل كنيل وكيمني. انظر: William Calvert Kneale, *Probability and Induction* (Oxford: Clarendon Press, 1949), p. 230, and John G. Kemeny, «The Use of Simplicity in Induction,» *The Philosophical Review*, 57 (1953).

انظر أيضاً الهامش ص 506 من هذا الكتاب.

الأفضل التي لا تتحقق إلا إذا كانت النظرية قابلة للتفنيد ما فيه الكفاية ومحددة ما فيه الكفاية لمجابهة التجربة.

40 ـ التخفيض الشكلي والتخفيض المادي لبعد صف منحنيات

توجد حزم منحنيات عديدة بنفس البعد. فصف الدوائر مثلاً ثلاثي الأبعاد إلا أنه إذا اشترطنا مرور الدائرة بنقطة معينة فنحصل على صف ببعدين، وعلى صف ببعد واحد إذا اشترطنا مرور الدائرة بنقطتين إلخ. : ينقص كل إعطاء نقطة من المنحني البعد بـ 1.

وهناك طرق أخرى، غير إعطاء النقطة، تخفض البعد فصف القطوع الناقصة التي حُددت فيها نسبة المحورين ذو أربعة أبعاد (كصف القطوع المكافئة) وكذلك [94] الأمر في صف القطوع الناقصة التي حدد فيها الانحراف عن المراكز عددياً. يكافئ الانتقال من القطع الناقص إلى الدائرة بطبيعة الحال إعطاء القيمة 0 للانحراف عن المركز و1 لنسبة المحورين.

الصفوف التي بعدها صفر[23]	الصفوف وحيدة البعد	الصفوف ثنائية البعد	الصفوف ثلاثية البعد	الصفوف رباعية البعد	.....
-	-	الخط المستقيم	الدائرة	القطع المكافئ	.....
-	الخط المستقيم المار بنقطة معينة	الدائرة المارة بنقطة معينة	القطع المكافئ المار بنقطة معينة	القطاعات المخروطية المارة بنقطة معينة	.....
الخط المستقيم المار بنقطتين معينتين	الدائرة المارة بنقطتين معينتين	القطع المكافئ المار بنقطتين معينتين	القطاعات المخروطية المارة بنقطتين معينتين	....	.....
الدائرة المارة ثلاث نقط معينة	القطع المكافئ المار ثلاث نقط	القطاعات المخروطية المارة ثلاث نقط	....	....	.....

والسؤال الآن: هل تتكافأ كل طرق تخفيض البعد أم أنه من المناسب لتقويم درجات قابلية تفنيد النظريات تفحص طرق تخفيض مختلفة؟ فواضح مثلاً أن إعطاء نقط أو (مناطق صغيرة أيضاً) يقابل في حالات عديدة إعطاء قضية خاصة أي إعطاء

(23) كان من الممكن أيضاً البدء بطبيعة الحال بالبعد 1- للصفوف الفارغة (فوق المعينة).

شروط على الحدود، بينما يقابل الانتقال من القطع الناقص إلى الدائرة تخفيض بعد النظرية نفسها. كيف يمكننا إذاً رسم الحدود التي تفصل بين هاتين الطريقتين؟ نسمي الطريقة التي لا يتغير فيها «شكل» المنحني ـ أي التي نحصل عليها بإعطاء نقط يمر منها المنحني (أو بإعطاء أي قطع تعيين مكافئة) ـ التخفيض المادي ونسمي الطريقة الأخرى التي يتغير فيها الشكل كالانتقال من القطع الناقص إلى الدائرة أو من الدائرة إلى الخط المستقيم على سبيل المثال التخفيض الشكلي للبعد.

إلا أنه ليس من السهل التمييز بدقة بين الطريقتين، وهذا ما نراه فيما يلي: [95] يعني تخفيض البعد في التعبير الجبري إعطاء قيمة ثابتة لأحد الوسطاء. ولكن كيف يمكننا التمييز بين مختلف التثبيتات؟ ننتقل من المعادلة العامة للقطع الناقص إلى معادلة الدائرة بإعطاء القيمة 1 للوسيط الأول والقيمة 0 للوسيط الثاني وهذا تخفيض شكلي. ولكننا إذا جعلنا وسيطاً آخر (الحد المطلق) مساوياً للصفر فنكون قد أعطينا نقطة من القطع الناقص وهذا تخفيض مادي. ومع ذلك فالتمييز ممكن ويرتبط بمشكل الحدود الكلية: يدخل التخفيض المادي حدّاً فردياً والشكلي حدّاً كلياً في تعريف صف المنحنيات موضوع البحث.

ليكن لدينا مستوىً معين (ننظر إليه فردياً). نعرف صف القطوع الناقصة في هذا المستوى بواسطة المعادلة العامة للقطع الناقص وصف الدوائر بمعادلة الدائرة. هذان التعريفان مستقلان عن موضع نظم الإحداثيات (الإحداثيات الديكارتية) التي يرتبطان بها وبالتالي مستقلان عن اختيار نقطة منشأ النظمة وعن توجيه محوريها. ولا يمكننا تحديد نظمة إحداثيات إلا بحد فردي، بتعيين منشئها وتوجيهها. وبما أن تعريف صف القطوع الناقصة (أو صف الدوائر) هو نفسه من أجل كل نظم الإحداثيات الديكارتية فهو مستقل عن إعطاء هذا الحد الفردي وغير متغير بالنسبة لكل تحولات الإحداثيات في الزمرة الإقليدية (الانتقالات وتحولات التماثل).

أما إذا أردنا من ناحية أخرى تعريف صف من القطوع الناقصة (أو الدوائر) ذات نقطة مشتركة معينة في المستوى فعلينا عندئذ إعطاء تعريف لا يبقى غير متغير بالنسبة للزمرة الإقليدية وإنما يرتبط بنظمة إحداثيات معينة ننظر إليها فردياً وبهذا يرتبط التعريف بالحد الفردي[24].

يمكن وضع هرمية للتحولات فالتعريف الذي لا يتغير بالنسبة لزمرة تحولات

---

(24) في ما يتعلق بالعلاقات بين زمر التحولات و«الإفراد»، انظر: Herman Weyl, *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft* (München: R. Oldenbourg, 1927), p. 59,

حيث يُرجَع إلى «برنامج إيرلانغر» (Erlanger) لكلاين (Klein).

عامة لا يتغير أيضاً بالنسبة لزمر أكثر تخصيصاً. ولذا فلكل صف منحنيات زمرة تحولات أعم ما يمكن، تميزها. ومن هنا يمكن إثبات ما يلي: نقول عن تعريف D_1 لصف منحنيات أنه «يساوي في العمومية» (أو «أعم») من تعريف آخر D_2 لصف منحنيات آخر إذا كان غير متغير مثل التعريف الثاني بالنسبة لنفس زمرة التحولات (أو بالنسبة لزمرة تحولات أعم من تلك التي تبقي التعريف الثاني غير متغير). ونقول عن تخفيض بعد صف منحنيات (بالنسبة لصف منحنيات آخر) إنه شكلي إذا [96] لم ينقص من عمومية التعريف وإلا فهو مادي.

ويجب علينا للحكم على درجة قابلية التفنيد لنظريتين مختلفتين انطلاقاً من بعدهما أن نأخذ بعين الاعتبار أيضاً عموميتهما، أي عدم تغيرهما بالنسبة لتحولات الإحداثيات.

وبطبيعة الحال تختلف إجراءاتنا عندما تعطي النظرية منطوقات هندسية مباشرة، كما هو عليه الحال في نظرية كبلر مثلاً، عن مثيلاتها عندما تكتسي الاعتبارات الهندسية في النظرية طابع التمثيل الهندسي، كتمثيل العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة بيانياً. وسيكون من الخطأ أن نتطلب في هذه الحالة الأخيرة ألا يتغير تعريف المنحنيات نتيجة دوران النظمة الإحداثية مثلاً لأن المحورين لا يمثلان نفس الشيء. [أحدهما يمثل الضغط والآخر درجة الحرارة].

وبهذا ننهي عرضنا من مقارنة درجات قابلية التفنيد. وسنبيّن في مناقشتنا القادمة لإشكالية البساطة كيف يمكن بالاستعانة بهذا العرض توضيح بعض مشاكل نظرية المعرفة. وسنرى كيف يمكننا بنفس الأسلوب إلقاء أضواء جديدة على مشاكل أخرى كمسألة التعزيز أو ما يعرف باسم احتمال الفرضيات.

* إضافة (1968) إن إحدى أهم أفكار هذا الكتاب هي فكرة المضمون (التجريبي) لنظرية ما: «كلما كبر ما يمنعه كلما كبر ما يقوله عن عالمنا»[25].

أردت في عام (1934) الإلحاح على نقطتين (1) إن درجات المضمون، أو قابلية الفحص، أو قابلية التعزيز، أو البساطة تجعل قابلية التفنيد نسبية (2) إن هدف العلم ـ إنماء معرفتنا ـ يقوم على إنماء المضمون.

---

(25) انظر ص 76-77، ومطلع ص 144 من هذا الكتاب.

ثم طورت هذه الأفكار ومن بين النقط الجديدة نقطتان (3) تعميق نسبية فكرة المضمون (أو البساطة) بالنظر إلى المشكل أو جملة المشاكل التي ناقشها[26] (4) تطوير العلاقة بين المضمون ومضمون الحقيقة لنظرية ما وتقريبه من الحقيقة («الاستلاحة»). نعطي الخطوط الكبرى لهاتين النقطتين في الفصل العاشر (والملحقات) لـ *Conjectures and Refutations*[27].

* إضافة (1971) انظر أيضاً في هذا الخصوص عملي الهام *«Uber die Zielsetzung der Erfahrungswissenschaft,»* *Ratio*, 1 (1957), p. 21, و Hans Albert, ed., *Theorie und Realität: Ausgewahlte: Aufsatze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften*, Die Einheit der Geselfschaftswissenschaften; 2 (Tübingen: Mohr, 1964), p. 73.

---

(26) انظر الإضافة ص 438 من هذا الكتاب.

(27) انظر أيضاً الصفحات 301، 438، 443، 444، والهامش ص 447 من هذا الكتاب.

الفصل السابع

[97]

البساطة

إن مدى الأهمية التي يجب أن نعطيها لما يسمى بمسألة البساطة أمر مختلف فيه. فبينما يرى فايل على سبيل المثال «لمشكلة البساطة . . . أهمية مركزية في نظرية المعرفة للعلوم الطبيعية»[1] نجد أن الاهتمام بها قد خف إلى حد كبير؛ ولعل السبب أن كل محاولة لحلها بدت غير مجدية خاصة بعد انتقادات فايل.

وقد استعمل مفهوم البساطة حديثاً على شكل غير انتقادي ـ وكأن معنى البساطة بات بمنتهى الوضوح وكأنها أصبحت ثمينة جداً. فقد وضع إبستمولوجيون عديدون مفهوم البساطة في مكان الصدارة من غير أن يلاحظوا إشكالية هذا المفهوم. وهكذا فقد حاول أتباع ماخ، كيرشوف (Kirchhoff)، وأفيناريوس (Avenarius)، استبدال مفهوم الشرح السببي بمفهوم «التوصيف الأبسط». وبدون إضافة «الأبسط» (أو أي كلمة أخرى مقابلة) فإن هذا الإدراك خاو تماماً؛ فهو يريد أن يشرح لنا الدوافع التي تدعونا لتفضيل التوصيف عن طريق النظرية بدلاً من طريق القضايا الخاصة المنفردة. إلا أن ثمة إيضاحاً قلما حاول هؤلاء الأتباع إعطاءه، ونعني به أننا إذا كنا نستعمل النظريات لبساطتها فأيها الأبسط؟ وهكذا فقد أتى بوانكاريه الذي يرى أن اختيار النظريات أمر متواضع عليه إلى صياغة مبدأ الاختيار واختار المواضعات الأبسط ولكن أيها؟

41 ـ استبعاد مفهوم البساطة الجمالي ـ البراغماتي

تستعمل كلمة البساطة في معان عديدة، فنظرية شرودينغر مثلاً بسيطة جداً

---

(1) انـظـر: Herman Weyl, *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft* (München: R. Oldenbourg, 1927), pp. 115 f.

انظر أيضاً الفقرة 42 من هذا الكتاب.

بالمعنى الإبستمولوجي ولكنها قد تكون معقدة بمعنى آخر. ويمكننا القول عن حل مسألة ما إنه ليس بسيطاً وإنما صعبٌ وعن عرض ما هو متشابك وليس بسيطاً.

[98] وسنبدأ باستبعاد كل ما يتعلق بالعروض وبالتمثيل. يقال على سبيل المثال عن عرضين لبرهان رياضي إن أحدهما أبسط (أو ألبق) من الآخر. لا يعني هذا التفريق بين العرضين نظرية المعرفة ويتسم بطابع جمالي ـ براغماتي خارج عن نطاق المنطق. وينطبق الشيء نفسه على القول عن تنفيذ مهمة بوسائل أبسط من وسائل تنفيذ مهمة أخرى؛ فالمقصود هنا وسائل أسهل، أو تطلب معرفة وخبرة أقل. يجب حذف كلمة «بسيط» في كل هذه الحالات لأن استعمالها خارج عن المنطق.

42 ـ مشكلة البساطة من وجهة نظر نظرية المعرفة

هل بقي شيء في مفهوم البساطة بعد أن استبعدنا المفهوم الجمالي ـ البراغماتي؟ هل يوجد لهذا المفهوم مدلول منطقي؟ وهل يمكن في هذه الحالة التمييز بين النظريات غير المتكافئة منطقياً وفق درجة بساطتها؟

يمكن الشك في المقدرة على الإجابة عن هذه الأسئلة نظراً لتعثر محاولات عديدة لإعطاء تعريف ثابت للبساطة. ويعطي شليك[2] إجابة سلبية حين يقول إن «البساطة . . . مفهوم نصفه براغماتي ونصفه جمالي» رغم أنه يتحدث هنا عن المفهوم الذي يهمنا والمتعلق بما نسميه مفهوم البساطة في نظرية المعرفة إذ إنه يضيف «ومع أننا لا نملك القدرة على القول بالتحديد ما تعنيه كلمة البساطة فمن واجبنا تسجيل هذا الواقع وهو أنه ما إن ينجح الباحث في تمثيل سلسلة أرصاده في صيغة بسيطة جداً (خطية مثلاً، أو من الدرجة الثانية، أو كتابع أُسّي) حتى يقتنع اقتناعاً تماماً بأنه اكتشف قانوناً».

وقد ناقش شليك إمكانية صياغة مفهوم «الانتظام القانوني» والتفريق على الخصوص بين «القانون» و«الصدفة» بمساعدة مفهوم البساطة وعدل عن ذلك في النهاية على أساس أن « . . . البساطة وضوحاً مفهوم نسبي بكل معنى الكلمة وغير دقيق بحيث لا يمكن معه الوصول إلى تعريف محدد للسببية أو إلى التمييز الدقيق بين القانون والصدفة»[3]. يرينا هذا الكلام ما على مفهوم البساطة الإبستمولوجي

---

(2) Moritz Schlick, «Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» Die *Naturwissenschaften*, 19 (1931), p. 148.

(3) المصدر نفسه.

القيام به: يجب أن يقيس درجة الانتظام القانوني. وهذا ما قاله فيكل (Feigl) أيضاً عن «فكرة تعريف درجة الانتظام القانوني بواسطة البساطة»[4].

تلعب البساطة الإبستمولوجية دوراً خاصاً في مناهج تفكير المنطق الاستقرائي على شكل مشكلة «المنحني الأبسط» مثلاً. يفترض المنطق الاستقرائي أنه يمكن الوصول إلى القوانين الطبيعية بتعميم الأرصاد الفردية. عندما نمثل نتائج [99] أرصادنا المتوالية بنقط في نظمة إحداثيات ما فإن التمثيل البياني للقانون هو منحنى يمر في هذه النقاط. إلا أنه يمر عبر عدد منته من النقط عددٌ غير محدود من المنحنيات مختلفة الشكل. وعلى هذا النحو فإن الأرصاد لا تحدد قانوناً وحيداً ويبقى أمام المنطق الاستقرائي معرفة أي من هذه المنحنيات يختار.

وجرت العادة على القول: لنختر المنحني الأبسط. وهكذا يقول فيتكنشتاين «تتركب سيرورة الاستقراء من فرض أبسط قانون ممكن يتفق مع تجربتنا»[5] ومن المقبول ضمنياً أن التابع الخطي أبسط من تابع من الدرجة الثانية وأن الدائرة أبسط من القطع الناقص الخ. . . ولكن ما من أحد يفسر لنا ترتيب درجات البساطة المختار أو يبيّن لنا الميزات ـ غير الجمالية ـ البراغماتية ـ التي تتمتع بها القوانين البسيطة[6]. يشير شليك وفيكل[7] إلى عمل لم ينشر لناتكين (Natkin) يقترح فيه (بحسب شليك) القول عن منحنى إنه أبسط من غيره إذا كان انحناؤه الوسطي أصغر من غيره، أو (بحسب فيكل) إذا كان انحرافه عن المستقيم أقل من غيره. [لا يتكافأ هذان التعريفان تكافؤاً تاماً]. يتفق هذا التعريف وعلى نحو جيد مع حدسنا ولكنه لا يحقق المبتغى، فهو يجعل على سبيل المثال من خطوط التقارب لقطع زائد منحنىً أبسط من الدائرة الخ. . ولا يمكن بمثل هذه «الحيل الإجرائية» كما يقول شليك حل المسألة. ويبقى في كل الأحوال سراً الجواب عن السؤال ما الذي يجعلنا نفضل هذا التعريف للبساطة؟

هناك محاولة هامة جداً ناقشها فايل وانتقدها تتفهم البساطة بإرجاعها إلى

---

(4) Herbert Feigl, *Theorie und Erfahrung in der Physik*, 1931, p. 25.

(5) انظر القضية 6.363، 6 في: Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus*, International Library of Psychology, Philosophy and Scientific Method, with an Introduction by Bertrand Russell, F. R. S. (New York: Harcourt, Brace & Company; London: K. Paul, Trench, Trubner & co., 1922).

(6) ملاحظات فيتكنشتاين حول بساطة المنطق المبينة لمعيار البساطة لا تشير إلى هذا الموضوع، انظر: المصدر نفسه، القضية 4541، 5. يستند مبدأ المنحني الأبسط لرايشنباخ على موضوعة الاستقراء (لا يمكن الدفاع عنها كما أعتقد) ولا يفيدنا في شيء هنا. انظر: *Mathematische Zeitschrift*, 34 (1932), p. 616.

(7) في نفس موضع المصدر السابق.

الاحتمال: «لنفرض على سبيل المثال أن عشرين زوجاً من قيم الإحداثيات في نظمة إحداثيات ديكارتية متعامدة (x, y) للدالة $y = f(x)$ تقع كلها، وفي حدود الدقة المتوقعة، على خط مستقيم بحيث يمكننا التخمين أننا أمام قانون طبيعي صارم وأن y تتبع x خطياً. ونخمن هذا بسبب بساطة الخط المستقيم أو لأن الاحتمال بعيد جداً أن تقع الأزواج العشرون المرصودة والمختارة لا على التعيين كلها على خط مستقيم إن لم يكن القانون كذلك؛ ثم إننا إذا استكملنا الخط المستقيم داخلياً وخارجياً [100] نحصل على تنبؤات تتجاوز ما رصدناه. ولكن هذا التحليل لا يخلو من عيوب لأنه من الممكن دوماً إيجاد دالات رياضية متنوعة تمر عبر النقط العشرين وينحرف بعض هذه الدالات انحرافاً كبيراً عن الخط المستقيم، وسنستطيع القول من أجل كل دالة من هذه الدالات إن الاحتمال بعيد جداً أن تقع نقاط الرصد العشرون كلها على هذا المنحني إن لم يكن يمثل القانون. فمن المهم جداً والحالة هذه أن تعطى لنا الدالة، أو بالأحرى صف الدالات، قبلياً من الرياضيات لبساطتها الرياضية. لنشر هنا إلى أنه ليس من الضروري أن يتوقف صف الدالات على عدد من الوسطاء مساوٍ لعدد الأرصاد المرغوب بها...»[8] تتفق ملاحظة فايل المتعلقة «بإعطاء صف الدالات قبلياً لبساطتها الرياضية» وكذا إشارته إلى عدد الوسطاء مع وجهة نظري (التي سأشرحها في الفقرة 43) ولكن فايل لم يقل ماهية «البساطة الرياضية» وقبل كل شيء لم يعط أي فكرة عن الميزات المنطقية ـ الإبستمولوجية التي يفترض أن تتمتع بها القوانين البسيطة بالنسبة لقوانين أخرى أكثر تعقيداً[9].

إن المقاطع التي سردناها ذات أهمية كبرى نظراً لعلاقتها بما نهدف إليه من تحديد لمفهوم البساطة الإبستمولوجي. فهو لم يحدد بدقة بعد. ولذا فمن الممكن رفض كل تحديد للمفهوم بحجة أنه لا ينطبق على مفهوم البساطة الذي تقصده نظرية المعرفة. يمكننا الإجابة عن هذا النوع من الاعتراضات بالقول إننا لا نعطي أي قيمة لكلمة البساطة هذه. فلسنا نحن من وضعها كما أننا واعون بنواقصها. وما

---

(8) Weyl, *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft*, p. 116.

* عندما كتبت هذا الكتاب لم أكن على علم ـ ولا شك أن فايل كان مثلي ـ بأن هارولد جيفريس (Jeffreys Harold) ودوروثي فرينش (Dorothy Wrinch) اقترحا، قبل فايل بستة أعوام، قياس بساطة دالة ما بعدد الوسطاء التي تُغير بحرية. انظر عملهما المشترك: **Dorothy Wrinch and Harold Jeffreys, «On Certain Fundamental Principles of Scientific Inquiry,» *Philosophical Magazine*, 42 (1921), pp. 369 ff.**

أريد أن أغتنم الفرصة للتعبير عن امتناني لهذين المؤلفين.

(9) تكتسي ملاحظات فايل عن العلاقة بين البساطة والتعزيز أهميتها في هذا السياق. وتتفق إلى حد كبير مع ما نقوله في الفقرة 82 حول هذا الموضوع منطلقين من وجهة نظر أخرى. انظر الهامش رقم (15)، الفقرة 82 من هذا الكتاب، * وهنا الهامش رقم (1*) للفقرة التالية 43.

ندعيه هو أن مفهوم البساطة الذي سنوضحه سوف يساعدنا في الإجابة عن الأسئلة التي أثارها فلاسفة العلوم في أغلب الأحيان ـ كما يظهر ذلك كل التنويهات السابقة ـ والمتعلقة بمشكلة البساطة عندهم.

43 ـ البساطة ودرجة قابلية التفنيد

يمكن الإجابة عن الأسئلة الإبستمولوجية المطروحة حول البساطة إذا طابقنا بين مفهومي «البساطة» ودرجة قابلية التفنيد. ستصطدم هذه الدعوى ولا شك [101] باعتراضات جمة[1*]، ولهذا سنحاول بداية جعلها معقولة ومستساغة.

(1*) سعدت لأن نظرية البساطة هذه (بما في ذلك أفكار الفقرة 40) قد لاقت قبولاً لدى منظر واحد في نظرية المعرفة على الأقل وهو ويليام كنيل (William Kneale) الذي كتب في كتابه: William Calvert Kneale, *Probability and Induction* (Oxford: Clarendon Press, 1949), pp. 229 f.:

«.. يسهل علينا أن نرى أن الفرضية الأبسط في هذا المعنى هي أيضاً تلك التي يمكن أن نأمل بإزاحتها على وجه السرعة إذا تبيّن خطؤها... والخلاصة أن سياسة تبني أبسط الفرضيات التي تتوافق مع الوقائع هي التي ستتيح لنا التخلص من الفرضيات الخاطئة بأكبر سرعة ممكنة». ويضيف كنيل هامشاً يشير إلى الصفحة 116 من كتاب فايل وإلى كتابي. ولكني لم أكتشف في هذه الصفحة ـ التي سردت مقاطع هامة منها في النص ـ ولا في أي مكان آخر من كتاب فايل العظيم (ولا في أي كتاب آخر) أي أثر للطرح القائل بارتباط البساطة بقابلية التفنيد لنظرية ما أي بسهولة التخلص منها. وما كنت لأكتب ما كتبت (كما فعلت في آخر الفقرة السابقة) أن فايل لم يقل ما هي «الميزات المنطقية ـ الإبستمولوجية التي يفترض أن تتمتع بها القوانين البسيطة بالنسبة لقوانين أخرى أكثر تعقيداً لو سبقني فايل (أو أي مؤلف آخر أعرفه) في وضع نظريتي.

وهذه هي الوقائع: أشار فايل في مناقشته العميقة للمشكل (التي نوهنا بها في نص الهامش رقم (8)، الفقرة 42 من هذا الكتاب) في البداية إلى الفرض الحدسي الذي يفضل المنحني البسيط ـ لنقل الخط المستقيم - على المنحنيات الأكثر تعقيداً لأن مرور كل الأرصاد بمنحنى في هذه البساطة عن طريق الصدفة أمر بعيد الاحتمال إلى أقصى حد. ولكن بدلاً من تطوير هذا الإدراك الحدسي (والذي كان سيقوده إلى رأي، مثل رأيي، يقول إن النظرية الأبسط هي الأفضل قابلية للفحص) فقد رفضه فايل بحجة أنه لا يقف أمام النقد العقلاني: لقد بيّن أن الشيء نفسه ينطبق على كل المنحنيات أياً كانت درجة تعقيدها. (هذه الحجة صحيحة ولكنها تنتفي إذا أخذنا بعين الاعتبار إمكانيات التفنيد ودرجات عقديتها عوضاً من الحجج الفرعية المحققة للنظرية). يلتفت فايل بعد ذلك إلى مناقشة ندرة الوسطاء كمعيار للبساطة من غير أن يربط ذلك بأي شكل من الأشكال بالإدراك الحسي الذي رفضه أو بأي شيء سواه كقابلية الفحص أو المضمون يمكنه أن يشرح تفضيلنا الإبستمولوجي للبساطة.

أما تمييز بساطة منحنى بندرة الوسطاء فقد سبق إليه عام 1921 هارولد جيفريس ودوروتي فرينش، انظر: Wrinch and Jeffreys, *Ibid.*, pp. 396 ff.

وفي حين فشل فايل في رؤية ما «تسهل رؤياه» الآن بحسب كنيل فقد رأى جيفريس، ولا يزال يرى العكس تماماً: فقد عزا إلى القانون الأبسط أكبر احتمال قبلي عوضاً من أكبر عدم احتمال قبلي (وهكذا يوضح جيفريس وكنيل ملاحظة شوبنهاور إيضاحاً جيداً: يظهر حل مشكلة في البداية كمفارقة ثم كحقيقة لا تحتاج إلى برهان). أود أن أضيف هنا أني قد طورت نظريتي في البساطة وأني، حين فعلت، حاولت التعلم من كنيل وآمل أني قد نجحت. انظر الملحق العاشر*، والفقرة 15* من: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

كنا قد بيّنا أن النظريات ذات الأبعاد الأصغر تفند بسهولة أكبر من النظريات ذات الأبعاد الكبيرة. وهكذا فمن الأسهل على سبيل المثال تفنيد قانون على شكل دالة من الدرجة الأولى من تفنيد قانون من الدرجة الثانية. ولكن هذا الأخير ينتمي [102] أيضاً إلى أسهل القوانين التي تفند والتي يأخذ شكلها الرياضي شكل دالات جبرية. يتفق هذا مع ملاحظة شليك حول البساطة: «سنعتبر دالة من الدرجة الأولى أبسط من دالة الدرجة الثانية ولو كانت هذه الدالة تمثل ومن دون أي شك قانوناً لا غبار عليه»[10].

تزداد عمومية نظرية ما ويرتفع تحديدها بارتفاع درجة قابلية تفنيدها. ولذا يمكننا مطابقة درجة الانتظام القانوني للنظرية مع درجة قابلية تفنيدها. مما يبيّن أن درجة قابلية التفنيد تلعب الدور الذي أراده شليك وفيكل للبساطة. ونشير أيضاً إلى أن التمييز الذي كان شليك يصبو إلى إقامته بين القانون والصدفة قابل للتحقيق بواسطة درجة قابلية التفنيد. فمنطوقات الاحتمال المتعلقة بمتتاليات ذات طابع زهري هي منطوقات لامتناهية الأبعاد[11] وهي ليست بسيطة وإنما عقدية[12]. وتفند في شروط واحتياطات خاصة[13].

ناقشنا المقارنة بين درجات قابلية الفحص في الفقرات 31 ـ 40؛ ومن الممكن بسهولة أن نحمل الأمثلة والتفاصيل الأخرى التي أعطيناها ولو جزئياً على مشكلة البساطة. ويصح هذا بشكل خاص على درجة عمومية نظرية ما. فالقضية الأعم تحل محل قضايا عديدة أقل عمومية منها ولهذا السبب سُمّيت «بالأبسط». ويحدد مفهوم بعد النظرية فكرة فايل باستعمال عدد الوسطاء لتحديد مفهوم البساطة[*2]. كما أنه يمكن بفضل تمييزنا بين تخفيض البعد الشكلي وتخفيضه [103]

---

(10) Moritz Schlick, «Die Kausalıtät in der gegenwärtigen Physik,» p. 148.

انظر أيضاً الهامش رقم (2)، الفقرة السابقة 42.

(11) انظر الفقرة 65 من هذا الكتاب.

(12) انظر الفقرة 58 وآخر الفقرة 69 من هذا الكتاب.

(13) انظر الفقرة 68 من هذا الكتاب.

(*2) وكما أشرنا في الهامش رقم (8)، الفقرة 42 من هذا الكتاب وفي الهامش رقم (*1) من هذه الفقرة كان هارولد جيفريس ودوروتي فرينش أول من اقترح قياس بساطة الدالة بقلة عدد الوسطاء التي تعبر بحرية. ولكنهما اقترحا أيضاً إسناد احتمال قبلي أكبر إلى الفرضيات الأبسط. ويمكن تمثيل إدراكهما للموضوع بحسب العلاقة:

البساطة = ندرة عدد الوسطاء = احتمال قبلي أكبر

وما حدث هو أنني عالجت الموضوع من زاوية مختلفة تماماً. فقد كنت منشغلاً في روز درجات قابلية الفحص ووجدت في البداية أنه يمكن قياس قابلية الفحص بعدم الاحتمال «المنطقي» (وهذا ما يقابل =

المادي دحض بعض الاعتراضات التي تقف أمام إدراك فايل للموضوع. ومن بين هذه الاعتراضات[14] أن لصف القطوع الناقصة التي لمحوريها نسبة معطاة وانحراف عن المركز معطى عددياً نفس عدد وسطاء صف الدوائر (رغم أنه أقل منه بساطة بكل وضوح).

إن ما يبيّنه إدراكنا قبل كل شيء هو ميزات البساطة؛ ونحن لا نحتاج لفهم ذلك إلى فرض «مبدأ اقتصاد الفكر» وما شابهه. وللمنطوقات الأبسط (إذا كانت المعرفة هي ما نريد) قيمة أكبر من تلك الأقل بساطة. لأنها تنطق أكبر ولأن مضمونها التجريبي أكبر ولأنها أخيراً أفضل قابلية للفحص.

44 ـ الشكل الهندسي وشكل الدالات

يسمح لنا مفهوم البساطة الذي أعطيناه بحل عدد من المتناقضات التي كانت تعيق تطبيق هذا المفهوم حتى الآن.

فمثلاً لن يقول أحد عن الشكل الهندسي لمنحنى لوغاريتمي أنه في غاية البساطة. ولكن كثيرين يرون أن القانون الممثل بدالة لوغاريتمية قانون بسيط. وعلى نفس النحو كثيراً ما نصف الدالة الجيبية بالبساطة الكبيرة رغم أن الشكل الهندسي لمنحني الجيب ليس على هذه البساطة بالنسبة لكل الناس.

يمكن توضيح المسائل من هذا القبيل عن طريق العلاقة بين عدد الوسطاء ودرجة قابلية التفنيد من جهة وكذلك بواسطة التفريق بين التخفيض الشكلي والتخفيض المادي للبعد (عدم التغير بالنسبة لتحولات الإحداثيات). وعندما نتحدث عن الشكل الهندسي لمنحنى ما فإننا نتطلب عدم تغيره بالنسبة إلى كل التحولات المنتمية إلى زمرة الانتقالات (وبالنسبة إلى تحولات التماثل أيضاً): فنحن لا ننظر إلى الصورة الهندسية على أنها مرتبطة بوضع معين. يتوقف المنحني اللوغاريتمي في المستوى $y = Log_a x$ على وسيط واحد ولكنه سيتوقف على خمسة

= تماماً عدم الاحتمال القبلي لجيفريس، وهكذا فمن الممكن المساواة بين الاحتمال القبلي وندرة الوسطاء ووصلت في النهاية فقط إلى مساواة قابلية الفحص العالية بالبساطة العالية أي أن العلاقة التالية تمثل وجهة نظري

قابلية الفحص = عدم احتمال قبلي عال = ندرة عدد الوسطاء = البساطة

وكما نرى تتطابق العلاقتان جزئياً. ولكنهما تختلفان وتتعارضان في النقطة الحاسمة ـ الاحتمال أو عدم الاحتمال. انظر أيضاً الملحق الثامن* من هذا الكتاب.

(14) انظر الفقرة 40 من هذا الكتاب.

وسطاء في حال أخذنا بعين الاعتبار عدم ارتباطه بوضع معين وتحولات التماثل معاً. ولا يمكن النظر إليه في أي حال من الأحوال كمنحنى بسيط. أما إذا مثل المنحني اللوغاريتمي نظرية ما، قانوناً ما، فلا يمكن أخذ تحولات الإحداثيات بعين الاعتبار سواء كانت هذه التحولات دورانات أو انتقالات متوازية أو تحولَ تماثلٍ لأن المنحني اللوغاريتمي في هذه الحالة تمثيل بياني تتميز إحداثياته بعدم قابليتها للتبادل (يمثل المحور x مثلاً الضغط الجوي والمحور y الارتفاع عن مستوى البحر). وليس لتحولات التماثل معنى هنا لنفس الأسباب. يصح كل هذا أيضاً على الاهتزازات الجيبية على طول محور ما، محور الزمن مثلاً، الخ.

45 ـ بساطة الهندسة الإقليدية

[104]

لعبت بساطة الهندسة الإقليدية دوراً كبيراً في دراسة نظرية النسبية ومناقشتها. ولم يكن يشك أحد في أن الهندسة الإقليدية، كهندسة، أبسط من أي هندسة غير إقليدية محددة (بانحناء معطى). ناهيك عن الهندسة غير الإقليدية التي يختلف انحناؤها من موضع إلى آخر.

ويبدو للوهلة الأولى أنه لا علاقة تذكر لهذه «البساطة» بدرجة قابلية التفنيد. ولكن ما أن نصوغ المنطوقات ذات العلاقة كفرضيات تجريبية حتى نجد أن المفهومين متطابقان في هذه الحالة أيضاً.

لنتأمل في التجارب التي قد تساعدنا على التحقق من الفرضية التالية: «توجد أمامنا هندسة مترية معينة لها نصف قطر انحناء مقداره كذا وكذا». لا يمكن التحقق إلا إذا استطعنا مطابقة كيان رياضي ما بكيان فيزيائي ما ـ الخطوط المستقيمة على سبيل المثال بالأشعة الضوئية والنقاط بتقاطع الخيوط. وإذا ما تبنّينا هذا التطابق («التعريف المالحق»)[15] فيمكننا البرهان على أن فرضية صحة هندسة الشعاع الضوئي الإقليدية تفند بدرجة أعلى من أي فرضية مقابلة في صحة هندسة غير إقليدية: يكفي لذلك أن نقيس مجموع زوايا مثلث أضلاعه أشعة ضوئية، فكل انحراف للمجموع عن 180 درجة تفنيد للفرضية الإقليدية. أما فرضية هندسة بولياي (Bolyai) ـ لوباتشيفسكي (Lobatschefskij) بانحناء محدد فتتواءم مع أي قياس يقل عن 180 درجة. يجب لتفنيد الفرضية معرفة مقدار (مطلق)، مساحة المثلث، (بالإضافة إلى زواياه). يجب إذاً إضافة وحدة في قياس السطوح. وهكذا نرى أننا بحاجة إلى قياسات جديدة للتفنيد، أو بتعبير آخر أن الفرضية تتواءم مع تغيرات

(15) قارن الفقرة 17 من هذا الكتاب.

عديدة في نتائج القياس وأنها بالتالي عسيرة التفنيد؛ أو إذا شئنا: إن الهندسة الإقليدية هي الهندسة المترية الوحيدة ذات الانحناء المحدد التي توجد فيها تحولات التماثل. ونستخلص من هذا كله أنه يمكن للكائنات الإقليدية أن تكون غير متغيرة بالنسبة لعدد أكبر من التحولات، أي أنها ذات بعد أصغر ويمكنها أن تكون الأبسط.

46 ـ مفهوم البساطة ومذهب المواضعة

لا يتفق ما يسميه أصحاب المواضعة بساطة مع المعنى الذي نعطيه لهذه الكلمة. فهم ينطلقون من الفكرة القائلة إن التجربة وحدها لا تحدد النظرية، ـ وهي فكرة صحيحة ـ ليختاروا النظرية «الأبسط». ولكن مذهب المواضعة لا يعالج النظرية كنظمة تفند وإنما كمجرد أمر متواضع عليه ولذا فإنه يَقصد بالبساطة شيئاً [105] مختلفاً كلياً عن درجة قابلية التفنيد.

ويتبدى مفهوم البساطة في هذا المذهب على شكل جمالي ـ براغماتي، وتصح عليه بالتالي ملاحظة شليك الآتية[16] ـ التي لا تصح على مفهومنا ـ «ومن المؤكد أنه لا يمكن تعيين مفهوم البساطة إلا عن طريق المواضعة المختارة اعتباطياً». والغريب في الأمر أن أصحاب هذا المذهب لم يعوا طابع المواضعة في التعريف الذي وضعوه لمفهوم البساطة ولو فعلوا لكانوا قد انتبهوا إلى أن الدعوة إلى البساطة التي يقود لها طريق اعتباطي لا تستطيع جعل الأمور أقل اعتباطية.

ويبدو لنا أن النظمة التي نحصل عليها باتباع أسلوب المواضعة، القائمة إلى الأبد والمدعومة على الدوام بفرضيات إضافية مساعدة، هي نظمة «معقدة إلى أقصى الحدود» وبالتالي درجة قابلية تفنيدها تساوي الصفر. ويعيدنا مفهوم البساطة الذي وضعناه إلى القواعد المنهجية المعروضة في الفقرة 20 وخاصة منها إلى القاعدة التي تدعو إلى الاختصار في عدد الفرضيات الثانوية، «إلى مبدأ التقتير في استعمال الفرضيات».

* إضافة (1968) حاولت أن أبين مدى إمكانية تطابق البساطة وقابلية الفحص. ولا شيء يتوقف على الكلمة «بساطة». يجب عدم المماحكة وعدم التفلسف حول الكلمات (أو حول الكيانات التي تشير إليها) ولذا فنحن لم نقترح تعريفاً لكيان البساطة وكل ما حاولناه هو التالي:

---

(16) Schlick, *Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik*, p. 148.

انظر أيضاً الفقرة 42 من هذا الكتاب.

تحدث باحثون بارزون عديدون عن البساطة في النظريات ووضعوا كلهم نصب أعينهم كقاعدة إعطاء الأفضلية للنظرية الأبسط، وقليلاً ما أعطيت الأسس الإبستمولوجية لهذه القاعدة. كما وقع تناقض وتباعد كبيران في التمييز بين النظريات البسيطة والأبسط؟ ومن هنا فقد حاولت تبيان ما يلي: (1) يصبح التمييز واضحاً عندما تستبدل كلمة «البسيط» بكلمة «قابلية جيدة للفحص». (2) يتفق هذا الاستبدال مع أغلب الأمثلة المعطاة من قبل بوانكاريه وغيره (3) ولكنه لا يتفق مع آراء بوانكاريه حول البساطة.

انظر الصفحة 438 لرؤية تطور نسبية الأمور منذ عام 1934.

[106]

الفصل الثامن

الاحتمال

سنعالج هنا مشاكل «احتمال الحدث» وهي المسائل المرتبطة بألعاب الزهر أو بالقوانين الاحتمالية في الفيزياء. أما المسائل المتعلقة بما يسمى «احتمال الفرضيات»، كالسؤال، مثلاً، عما إذا كانت فرضية ما «أكثر احتمالاً» من فرضية أخرى لكونها قد اختبرت عدداً أكبر من المرات من الأخرى فسنتركها إلى الفقرات 79 ـ 85 تحت عنوان «التعزيز».

تلعب الأفكار الاحتمالية النظرية دوراً حاسماً في الفيزياء الحديثة. ومع ذلك فما زال ينقصنا تعريف مرض ومتسق للاحتمال، أو بمعنى آخر تنقصنا نظمة موضوعاتية لحساب الاحتمال. وما زالت العلاقات بين الاحتمال والتجربة غير واضحة. سيبدو تفحّصنا لهذه المسألة، للوهلة الأولى، كاعتراض يصعب رده على الإدراكات التي تبنّيناها في نظرية المعرفة، إذ تبدو المنطوقات الاحتمالية، على الرغم من الدور الحيوي الذي تلعبه في العلوم التجريبية، غير قابلة للتفنيد القطعي. (ولكن «حجر العثرة» هذا سيتحول إلى محك لنظريتنا، معطياً إيانا الفرصة لتعزيزها). وهكذا نجد أنفسنا أمام مهمتين: (1) إعطاء أسس جديدة لحساب الاحتمالات، وسنطور النظرية، متبعين بذلك، ر. فون ميزس (R. von Mises) ـ كنظرية تواتر إنما بدون «موضوعة القيمة الحدية» [موضوعة التقارب] و«موضوعة عدم الانتظام» الضعيفة، (2) توضيح العلاقات بين الاحتمال والتجربة (أي حل مسألة البتية).

ونأمل أن يخرجنا تفحصنا للموضوع من الحالة الراهنة التي لا تبعث على الرضى، حيث يتعامل الفيزيائيون مع حساب الاحتمالات من غير أن يقولوا بشكل متسق ما يصفونه «بالاحتمال»[*1].

(*1) أدخلت منذ عام 1934 ثلاثة تعديلات على نظريتي في الاحتمال: =

[107]

47 ـ مشكلة التفسير

سنبدأ قبل كل شيء بالتفريق بين نوعين من المنطوقات الاحتمالية: بين منطوقات الاحتمال العددية وهي التي تعطي أعداداً لتقويم الاحتمال والمنطوقات الأخرى التي لا تفعل ذلك.

ونعطي كمثل على النوع الأول الجملة التالية: «إن احتمال الحصول على 11 برمي نردين (غير مغشوشين) هو $\frac{1}{18}$». أما المنطوقات غير العددية فهي مختلفة الأنواع كقولنا مثلاً «من المحتمل جداً أن نحصل على مزيج متجانس إذا ما خلطنا الماء مع الكحول» وهو قول يمكن تحويله إلى منطوق احتمال عددي بأن نفسره بقولنا «.. إن الاحتمال يساوي الواحد تقريباً». ولكن القول «إن اكتشاف أثر فيزيائي ينقض الميكانيك الكمومي ضعيف الاحتمال جداً» هو قول لا يمكن أن يحل محل منطوق احتمال عددي من دون تشويه لمحتواه. سنبدأ بتفحص منطوقات الاحتمال العددية في البدء، أما غير العددية فسنرجئها إلى ما بعد نظراً لقلة أهميتها.

ويفسح كل منطوق عددي المجال للسؤال التالي: كيف نفسر هذا المنطوق؟ وخاصة، ماذا يعني في الحقيقة التعبير العددي؟

48 ـ التفسيرات الموضوعية والذاتية

تعرف نظرية الاحتمالات التقليدية (لابلاس) القيمة العددية للاحتمال [108] كحاصل قسمة عدد الحالات «المواتية» على عدد الحالات «الممكنة بالتساوي».

= 1 ـ إدخال حساب احتمال صوري (موضوعاتي) يحتمل تفسيرات عديدة: التفسير المنطقي والتواتري الذي سنتحدث عنه في هذا الكتاب أو التفسير النزوعي بمعنى أن الاحتمالات هي قياس للنزوع نحو التحقق، وهو الذي سنعالجه في الملحق.

2 ـ تبسيط التفسير التواتري للاحتمالات وذلك بتنفيذ أكمل وأدق لبرنامج إعادة بناء نظرية التواتر الذي يقوم عليه هذا الفصل والذي وضعته عام 1934.

3 ـ استبدال التفسير التواتري الموضوعي للاحتمالات بتفسير موضوعي آخر ـ تفسير الاحتمالات كقياس للنزوع نحو التحقق ـ واستبدال حساب التواتر بالهيكل التقليدي الجديد (نظرية القياس).

أدخلت التعديلين الأولين عام 1938، أول التعديلين مذكور في الملحقات الثاني* ـ الخامس* وثانيهما ـ وهو الذي يؤثر على حجج هذا الفصل ـ مذكور في عدد من الهوامش في هذا الفصل وفي الملحق الجديد السادس* من هذا الكتاب. إن أهم تعديل معروض هنا في الهامش رقم (11*) للفقرة 57.

أما التعديل الثالث (وقد أدخلته للمرة الأولى كمحاولة عام 1953) فمشروح في: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

ومطبق على مشاكل النظرية الكمومية. انظر أيضاً الإشارة إلى أعمالي الحديثة في الصفحات 331 وما بعدها و513 من هذا الكتاب.

ونحن ولو غضضنا الطرف عن الاعتراضات المنطقية على هذا التعريف[1] ـ كتلك التي تقول إن الحالات الممكنة بالتساوي هي الحالات المحتملة بالتساوي ـ فإنه لا يشكل بأي حال تفسيراً صريحاً وقابلاً للتطبيق؛ وإنما يشكل نقطة انطلاق لتفسيرات مختلفة سنقسمها إلى ذاتية وموضوعية.

يكشف التفسير الذاتي عن وجوده باستعماله تعابير ذات صبغة نفسانية مثل «القيمة المتوقعة» أو «قيمة الرجاء الرياضي» الخ؛ فالتفسير بشكله الأولي نفساني؛ يفهم درجة الاحتمال كقياس للشعور باليقين أو عدم اليقين أمام بعض المنطوقات أو التخمينات. وهكذا تنجح كلمة «احتمال» بتفسير أغلب المنطوقات غير العددية ولكنها تبقى بعيدة جداً عن الملاءمة في تفسير منطوقات الاحتمال العددية.

يستحق أحد أنواع التفسيرات النفسانية، المعطى حديثاً، عناية خاصة[*2]. فهو لا يفسر المنطوقات الاحتمالية نفسانياً وإنما منطقياً، كمنطوقات لما يسمى «بالتقارب المنطقي»[2] للجمل. إذ يمكن، كما نعلم، أن ترتبط الجمل فيما بينها بمختلف العلائق المنطقية كالاشتقاق، والتناقض، والاستقلال بعضها بالنسبة للبعض. تعالج النظرية الذاتية-المنطقية، والتي يرأس كينيز[3] ممثليها، علاقة الاحتمال كعلاقة منطقية بين جملتين. والحالتان القصوتان لهذه العلاقة هما الاشتقاق («تعطي» الجملة q الجملة الأخرى p الاحتمال 1 عندما تنتج p عن q)[4]

(1) انظر مثلاً: Richard von Mises, *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*, Schriften zur Eissenschaftlichen Wletauffassung; 3 (Wien: J. Springer, 1928), pp. 62 ff.

* رغم أن التعريف التقليدي منسوب إلى لابلاس (وفي هذا الكتاب أيضاً) فإنه يرجع إلى: Abraham de Moivre, *The Doctrine of Chances* (London: W. Pearson, 1718),

إن لم نقل إلى أبعد من ذلك. نجد اعتراضاً أقدم على الصياغة «تساوي الإمكانية» عند بيرس في: Charles Hartshorne and Paul Weiss, eds., *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, 8 vols. (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1932), vol. 2: *Elements of Logic*, pp. 417 and 673.

(*2) أفصل في الفصل الثاني من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*,

الأسباب التي تدعوني إلى تصنيف التفسير المنطقي بين أنواع التفسيرات الذاتية كما أنني أنتقد فيها بالتفصيل التفسير الذاتي، انظر أيضاً الملحق التاسع* من هذا الكتاب.

(2) Friedrich Waismann, «Logische Analyse des Wahrdcheinlichkeitsbegriffs,» *Erkenntnis*, 1 (1930), p. 237.

«والاحتمال المعرف على هذا النحو هو إذاً قياس للقرب المنطقي، للعلاقة الاستنتاجية بين الجملتين».

انظر أيضاً: Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus = Logisch-Philosophische Abhandlung*, propositions 5,15 ff.

(3) John Maynard Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit = A Treatise on Probability* (Leipzig: Joh. Ambr. Barth, 1926).

(4) Wittgenstein, Ibid., proposition 5,152:

«إذا نتج p عن q فإن الجملة q تعطي الجملة p الاحتمال 1. إن يقين الاستنتاج المنطقي هو حالة حدية للاحتمال».

والتناقض (الاحتمال صفر). وتوجد بين هاتين الحالتين علاقات احتمال أخرى نفسرها على وجه التقريب كما يلي: يرتفع الاحتمال العددي للجملة p [بالنسبة إلى q] بقدر ما يقل خروج دعاواها عما تحتويه q، وهي الجملة التي يرتبط بها احتمال p [أي أن q هي الجملة التي «تعطي» لـ p احتمالاً]. [109]

يُظهر تعريف كينيز للاحتمال «كدرجة العلم الموافق للعقل» القرابة بين هذا التفسير والنظرية النفسانية. ويعني بهذا التعريف نسبة الثقة، نسبة القناعة العقلانية، التي يمكن أن نمنحها إلى الجملة p على ضوء المعرفة التي أعطتنا إياها q والتي «تعطي» لـ p احتمالها.

ويعالج نوع ثالث من التفسير، التفسير الموضوعي، منطوقات الاحتمال العددية كمنطوقات حول التواتر النسبي لأحداث معينة من بين سلسلة الأحداث[5]. وهكذا فإن الجملة «إن احتمال الحصول على 5 في رمية النرد القادمة هو $\frac{1}{6}$» ليست منطوقاً حول الرمية القادمة وإنما حول صف من الرميات تنتمي الرمية القادمة إليه كعنصر منه؛ وكل ما تقوله الجملة إن نسبة تواتر الحدث «رمي الخمسة» هو $\frac{1}{6}$.

وبحسب هذا المفهوم فليس لمنطوقات الاحتمال العددية معنى إلا إذا استطعنا تفسيرها بالاستعانة بالتواترات؛ وهكذا فإن المنطوقات الأخرى (وخاصة منها غير العددية) التي لا يمكن تفسيرها على هذا النحو غير خليقة بالاهتمام في نظر أصحاب هذه النظرية.

سنحاول في ما يلي إعادة بناء نظرية الاحتمالات كنظرية تواتر (معدلة). ونحن من أنصار النظرية الموضوعية لأننا نعتقد أنها الوحيدة التي تستطيع توضيح التطبيقات التجريبية لحساب الاحتمالات. لا شك في أن الصعوبات المنطقية التي تواجه النظرية الذاتية أقل بكثير من صعوبات النظرية الموضوعية، ولا شك أيضاً في أن النظرية الذاتية تجيب بشكل متسق عن السؤال المتعلق ببتية المنطوقات الاحتمالية. ولكنها

---

(5) انظر في ما يتعلق بنظرية التواتر القديمة، انتقاد كينيز في: Keynes, Ibid , pp. 73 ff.
الموجه على الخصوص إلى: John Venn, *The Logic of Chance*;
للتعرف على مفاهيم وايتهيد، انظر الفقرة 80، الهامش رقم (3) من هذا الكتاب.
الممثلون الرئيسيون لنظرية التواتر الجديدة هم: ر. فون ميزس، دورج (Dorge)، كامكه (Kamke)، رايشنباخ (Reinchenbach)، تورنيه (Tornier)؛ انظر الهامش رقم (8) للفقرة 50 من هذا الكتاب.
* وهناك تفسير موضوعي جديد هو أقرب ما يكون إلى نظرية التواتر ولكنه يختلف عنها من حيث الهيكل الرياضي. يعرف باسم تفسير الاحتمال كقياس للنزوع نحو التحقق؛ انظر الإشارة إليها في الصفحة 331 وما يليها.

في إجابتها عن هذا السؤال، تصف مضطرة المنطوقات الاحتمالية بتحصيل حاصل غير تجربي، وهذا ما لا يمكننا قبوله وخاصة عندما نفكر بالتطبيقات الفيزيائية لنظرية الاحتمال. (نرفض كذلك بديلة «للنظرية» الذاتية تعتقد بإمكان اشتقاق منطوقات تواتر موضوعية[6] من فروض ذاتية بفضل استعمال مبرهنة بيرنوللي (Bernoulli) «كجسر» [110] لهذا الاشتقاق. وهو برنامج لا يمكن تنفيذه لأسباب منطقية).

49 ـ المشكلة الأساسية في نظرية الزهر

إن أهم ما في نظرية الاحتمال هو تطبيقها على «الأحداث العشوائية». ونقول عن حدث إنه عشوائي عندما يتسم بخاصة «عدم إمكان حسابه» من جهة، وعندما نفرض من جهة أخرى أن كل الطرق العقلانية للتنبؤ به فاشلة، بانين هذا الفرض على محاولات عديدة غير مجدية؛ ينتابنا الشعور نحو هذا الحدث، إذا صح التعبير، إننا بحاجة إلى نبي وليس إلى عالم يتوقعه. وانطلاقاً من هذا الوضع، من عدم إمكان حساب الحدث، نقرر تطبيق حساب الاحتمالات عليه.

وهذه المفارقة إلى حد ما بتقرير الحساب أو بتقرير استحالته، المفارقة بإمكانية تطبيق طريقة حساب معينة من عدم إمكانية الحساب، تزول في النظرية الذاتية. ولكن طريقة إزالة هذه المفارقة غير مرضية على الإطلاق: فحساب الاحتمالات في مفاهيم هذه النظرية ليس طريقة حساب بالمعنى العلمي التجربي الذي تعطيه العلوم الطبيعية للحساب (التنبؤ بالحدث) وإنما طريقة تسمح لنا فقط بالتحويل المنطقي لما نعلم ـ أو بالأحرى لما لا نعلم لأننا نحتاج في واقع الأمر إلى هذا التحويل المنطقي عندما تنقصنا المعرفة[7] ـ. يزيل هذا الإدراك المفارقة فعلاً ولكنه لا يوضح لنا كيف يمكن تعزيز المنطوق تجربياً، ونقصد المنطوق بعدم علمنا المفسر كمنطوق تواتر. والواقع أن هذا هو مكمن السؤال: كيف يمكننا أن

---

(6) هذه هي أكبر أخطاء كينيز؛ انظر الفقرة 62 وخاصة الهامش رقم (39) من هذا الكتاب.* لم أغير وجهة نظري في هذه المسألة على الرغم من أني أعتقد الآن أن مبرهنة بيرنوللي تستطيع أن تستعمل كجسر في إطار نظرية موضوعية يصل بين النزوع نحو التحقق وبين الإحصاء. انظر الملحق التاسع* من هذا الكتاب، والفقرات 55* - 57* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(7) Waismann, «Logishce Analyse des Wahrscheinlichkeitsbergiffs,» p. 238,

حيث يقول: «لا يوجد أي سبب آخر لإدخال مفهوم الاحتمال سوى عدم تمام معرفتنا». ويدافع س. شتومبف عن إدراك مماثل في: C. Stumpf, «Sitzungsbericht der Bayrischen Akademie der Wissenschaften,» *Philosophische-Historische Klasse* (1892), p. 41.

* يقود هذا الإدراك واسع الانتشار إلى أسوأ النتائج. أثبت ذلك في الفصلين الخامس* والثاني عشر* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

نستنتج من عدم إمكانية الحساب، أي من عدم علمنا، قضايا يمكن تفسيرها كمنطوقات تواتر وبالتالي امتحانها بنجاح عملياً؟

وكذلك لم تنجح نظرية التواتر حتى الآن بطرح حل مُرض للمشكلة الأساسية في نظرية الزهر؛ وهي مشكلة مرتبطة «بموضوعة القيمة الحدية» الممثلة للنظرية (سنعود إلى هذا الموضوع بدقة أكبر في الفقرة 67). وإنه لمن الممكن إعطاء حل مرض للمشكل ضمن إطار نظرية التواتر (بعد حذف موضوعة القيمة الحدية منها) وذلك بتحليل الفروض التي تتيح استنتاج انتظام التواترات من التسلسل غير المنتظم للأحداث المنفردة. [111]

50 ـ نظرية فون ميزس التواترية

وضع ر. فون ميزس[8]، للمرة الأولى، نظرية تواتر تصلح كأساس لكل المبرهنات الهامة في حساب الاحتمالات وأقامها على التفكير التالي: إن حساب الاحتمالات هو نظرية تتعلق بأنواع «التسلسل العشوائي للأحداث» أي تكرار سيرورات شبيهة بتتابع رمي النرد. نعرف هذه المتتاليات بمقتضى موضوعتين هما «موضوعة القيمة الحدية» و«موضوعة عدم الانتظام». ونسمي كل متتالية للأحداث مستوفية لهذين المقتضيين «جمعي».

والجمعي هو أساساً متتالية من الأحداث التي يمكن تكرارها إلى ما لا نهاية. وعلى سبيل المثال فمتتالية رمي النرد، بنرد لا يمكن تحطيمه، هي جمعي. ولكل حدث من هذه الأحداث طابع مميز، لنقل علامة، علامة «الرمي 5» مثلاً. ونحصل على التواتر النسبي «للرمية 5» مثلاً بتقسيم عدد الرميات 5 التي حصلنا عليها حتى وصولنا إلى حد معين من المتتالية على مجموع الرميات حتى هذا الحد ـ أي على العدد النظامي لهذا الحد. وإذا ما عيّنا التواتر النسبي لـ 5 من أجل كل حد من حدود المتتالية فسنحصل على متتالية جديدة هي متتالية التواتر النسبي لـ 5 ونكون على هذا النحو قد ألحقنا بكل «متتالية أحداث» «متتالية علامة».

سنأخذ للتبسيط المثل الآتي المبني على «التناوب» أي متتالية أحداث

---

(8) Richard von Mises: «Fundamentalsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung,» *Mathematische Zeilschrift*, no. 4 (1919), p. 1; «Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung,» *Mathematische Zeitschrift*, no. 5 (1919), p. 52; *Wahrscheinlischkeit, Statistik und Wahrheit*, and «Wahrscheinlichkeit Srechnung und ihre Anwendung in der Statistik und Theoretischen Physik,» in: *Vorlesungen aus dem Gebiete der Angewandten Mathematik* (Leipzig; Wien: Franz Deuticke, 1931).

بعلامتين فقط ـ كما هو الحال في رمي قطعة النقود ـ وسنعطي «للوجه» في قطعة النقود العلامة «1» و«للقفا» العلامة «0». يمكن مثلاً تمثيل متتالية الأحداث على النحو التالي:

$$0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0 \ldots\ldots \qquad (A)$$

ومتتالية العلامة الملحقة بهذا التناوب، لنقل العلامة «1»، أي متتالية التواتر النسبي[9]، هي إذاً:

$$0 \frac{1}{2}\ \frac{2}{3}\ \frac{2}{4}\ \frac{2}{5}\ \frac{2}{6}\ \frac{3}{7}\ \frac{4}{8}\ \frac{5}{9}\ \frac{5}{10}\ \frac{6}{11}\ \frac{6}{12}\ \frac{7}{13}\ \frac{7}{14} \ \ldots\ldots \qquad (A')$$

[112] تقتضي «موضوعة القيمة الحدية» تناهي متتالية التواتر النسبي إلى قيمة حدية معينة كلما استطالت متتالية الأحداث. يصل فون ميزس بفضل هذه الموضوعة إلى قيم تواتر ثابتة (رغم تأرجح القيم الفردية للتواترات النسبية). نسمي إعطاء مختلف القيم الحدية للتواترات النسبية لمختلف علامات الجمعي إعطاء توزيع.

أما موضوعة عدم الانتظام أو «مبدأ انتفاء نظمة اللعب» (انتفاء المقامرة)؟ فتهدف إلى إعطاء تعبير رياضي للطابع «العشوائي» للمتتالية. فلو ظهر انتظام ما في متتاليات لعبة زهر ما لأمكن للاعب الذي يلحظ هذا الانتظام تحسين حظوظه بتبنيه نظمة لعب، كأن يظهر «القفا» في أغلب الأحيان بعد ظهور «الوجه» ثلاث مرات. تقتضي موضوعة عدم الانتظام انتفاء وجود أي نظمة لعب في أي جمعي. والنظمة الوحيدة المطبقة هي أن نرى عند تكرار اللعب مرات عديدة اقتراب التواترات النسبية لنظمة اللعب، أي المتتالية التي تراها نظمة اللعب مواتية، من القيمة الحدية للمتتالية الأصلية؛ وكل متتالية تمتلك نظمة مقامرة تمكن اللاعب من تحسين حظوظه ليست «جمعي».

فالاحتمال هو إذاً، بنظر فون ميزس، تعبير آخر للقيمة الحدية للتواتر النسبي في جمعي ما. وهكذا لا ينطبق مفهوم الاحتمال إلا على متتاليات الأحداث (وقد يبدو هذا القصر غير مقبول من وجهة نظر كينز). لاقى هذا التقييد لمفهوم الاحتمال اعتراضات رد عليها فون ميزس بالإشارة إلى الفرق الشاسع بين المفهوم العلمي

(9) يقابل كل متتالية أحداث عدة متتاليات للتواتر النسبي، واحدة لكل علامة معرفة في متتالية الأحداث؛ نلحق إذاً بمتتالية أحداث تناوب متتاليتي علامة. يمكن اشتقاق هاتين المتتاليتين الواحدة من الأخرى لأنهما متتامتان (مجموع أي حدين متقابلين يساوي 1). سنقتصر من الآن فصاعداً على الحديث عن واحدة فقط من متتاليتي العلامة الملحقتين بالتناوب، لتكن العلامة 1، وسنرمز لها بـ (α).

للاحتمال المستعمل في الفيزياء مثلاً وبين المفهوم الشعبي، وأوضح أنه من الخطأ أن نتطلب من مفهوم علمي معرّف جيداً الاتفاق التام مع الاستعمال اللغوي غير المحكم وغير العلمي (ما قبل العلمي).

تقتصر مهمة حساب الاحتمالات، بحسب فون ميزس، على ما يلي: الاستنباط انطلاقاً من جمعيين بدائيين ما (مع توزيعات بدائية ما) لجمعيين مشتقين (ولتوزيعات مشتقة). أو باختصار حساب احتمالات جديدة انطلاقاً من احتمالات معطاة.

ويلخص فون ميزس الطابع المميز لنظريته بأربع نقاط(10): يسبق مفهوم الجمعي مفهوم الاحتمال؛ ويعرف مفهوم الاحتمال بأنه القيمة الحدية للتواترات النسبية؛ الأخذ بموضوعة عدم الانتظام؛ مهمة حساب الاحتمال محددة تماماً.

51 ـ مخطط لبناء جديد لنظرية الاحتمال

[113] لاقت الموضوعتان اللتان اعتمدهما فون ميزس لتعريف مفهوم الجمعي معارضة شديدة ومبررة على ما نعتقد. ووجه الانتقاد بشكل خاص إلى الارتباط بين موضوعة القيمة الحدية وموضوعة عدم الانتظام(11): إنه من غير المقبول تطبيق المفهوم الرياضي للقيمة الحدية على متتالية لا تخضع تعريفاً (موضوعة عدم الانتظام) إلى أي قانون رياضي. لأن القيمة الحدية أو النهاية رياضياً ليست سوى صفة مميزة للقانون الرياضي (أو القاعدة الرياضية) الذي يعرف المتتالية: يمكن اعتماداً على هذا القانون الرياضي تعيين رتبة حد من حدود المتتالية تصبح الفروق اعتباراً منه بين قيم الحدود وقيمة ثابتة، هي تحديداً القيمة الحدية للمتتالية، أصغر من أي قيمة صغيرة قدر ما نريد ومعطاة سلفاً.

اقتُرحت حلول عديدة للاستجابة لهذه الاعتراضات بفك الارتباط بين الموضوعتين: أن نبقي على موضوعة القيمة الحدية وأن نستغني عن موضوعة عدم الانتظام إما كلياً (اقتراح كامكه) أو بتبديلها بموضوعة أقل تطلباً منها (رايشنباخ). لقد فرضت هذه المقترحات إذاً أن مسؤولية الصعوبات تقع على موضوعة عدم الانتظام.

أما نحن فنعتقد أن موضوعة القيمة الحدية ليست أقل مدعاة للشك من

---

(10) von Mises, *Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und Theoretischen Physik*, p. 22.

(11) Waismann, «Logische Analyse des Wahrscheinlichleitsbegriffs,» p. 232.

موضوعة عدم الانتظام. وبينما لا يعدو إصلاح موضوعة عدم الانتظام كونه قضية رياضية فإن التخلص من موضوعة القيمة الحدية ضرورة[12] إبستمولوجية[13].

يقوم مخططنا على تفحص المسألتين التاليتين: المسألة الرياضية أولاً تليها المسألة الإبستمولوجية.

وتهدف مهمتنا الأولى، البناء الرياضي[14]، إلى اشتقاق مبرهنة بيرنوللي ـ قانون الأعداد الكبيرة الأول ـ من موضوعة عدم انتظام معدلة ومخففة. أو بشكل أدق نهدف إلى اشتقاق صيغة نيوتن («الثالثة») لأنها تسمح لنا بدورها، بالانتقال إلى التناهي، باشتقاق مبرهنة بيرنوللي وقوانين القيمة الحدية الأخرى على حد سواء وفق الطرق المعتادة.

سنبدأ بوضع نظرية تواتر لصفوف منتهية وسنتقدم بها أبعد ما يمكن ـ أي حتى اشتقاق صيغة نيوتن (الأولى). وفي واقع الأمر ليست هذه النظرية إلا جزءاً بدائياً [114] من حساب الصفوف ونحن نشرحها هنا لأنها تعطينا أساساً لمناقشة موضوعة عدم الانتظام.

أما الانتقال إلى المتتاليات اللامنتهية فسنحققه مؤقتاً بواسطة موضوعة قيمة حدية لأننا بحاجة إلى هذا النوع من الموضوعات في مناقشة موضوعة عدم الانتظام. ومن ثم سننظر، بعد أن ننتهي من اشتقاق ومناقشة مبرهنة بيرنوللي، في طريقة تمكننا من إزالة موضوعة القيمة الحدية أولاً وفي النظمة الموضوعاتية التي ستتيحها هذه الإزالة ثانياً.

سنستعمل في الاشتقاق الرياضي ثلاثة رموز مختلفة للتواتر: سنرمز إلى التواتر النسبي في «صف منته» بـ «H''» وإلى «القيمة الحدية للتواتر النسبي في متتالية التواترات النسبية» بـ H' وأخيراً إلى «مفهوم الاحتمال الموضوعي» (أي إلى التواتر النسبي في متتالية «غير منتظمة» أو «عشوائية») بـ H.

---

(12) Moritz Schlick, «Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» *Die Naturwissenschaften*, 19 (1931).

* ما زلت أؤمن بأهمية هاتين المهمتين. ومع أني نجحت إلى حد بعيد في هذا الكتاب في تحقيق هدفي، فإن هاتين المهمتين لم تجدا حلاً مرضياً ونهائياً إلا في الملحق الجديد السادس*.

(13) انظر الفقرة 66 من هذا الكتاب.

(14) هناك عرض رياضي مفصل ومنفصل، * انظر الملحق الجديد السادس* من هذا الكتاب.

52 ـ التواتر النسبي في الصفوف المرجعية المنتهية

ليكن لدينا صف α مكون من عدد منته من العناصر، صف الرميات التي لعبناها أمس بهذا النرد على سبيل المثال. نفرض الصف α غير فارغ ونسميه الصف المرجعي (المنتهي) α. ليكن $N(\alpha)$ عدد عناصر الصف (العدد الأصلي لـ α). وليكن لدينا صف آخر β لا نريد فرض كونه منتهياً أو غير منته نسميه صف العلامة. يمكن لـ β أن يكون على سبيل المثال صف كل الرميات 5.

نسمي صف تقاطع α مع β صف العناصر التي تنتمي إلى α وβ في آن (صف رميات أمس التي أعطت 5 مثلاً) ونرمز لهذا الصف بـ β . α ونقرأه اختصاراً α وβ . β . α منته لأنه صف جزئي من α (أو فارغ) وليكن $N(\alpha.\beta)$ عدد عناصره.

وفي الوقت الذي نرمز فيه للأعداد (المنتهية) بالرمز N فإننا نرمز للتواترات النسبية بالرمز H'' ونكتب على سبيل المثال التواتر النسبي للعلامة β في الصف المرجعي α: $_{\alpha}H''(\beta)$ ويمكننا قراءته التواتر النسبي لـ β في α. ويمكننا إعطاء التعريف التالي:

$$\alpha H''(\beta) = \frac{N(\alpha\ .\ \beta)}{N(\alpha)} \qquad \text{(التعريف [1])}$$

وهذا يعني في مثل النرد الذي أعطيناه: التواتر النسبي للرمية 5 في الرميات [115] التي لعبت أمس بهذا النرد هو حاصل قسمة عدد الرميات التي أعطت 5 أمس بهذا النرد على عدد كل الرميات التي لعبت أمس بهذا النرد[*3].

يمكننا الآن انطلاقاً من هذا التعريف الطبيعي نوعاً ما اشتقاق قوانين «حساب التواترات للصفوف المنتهية» بسهولة (بشكل خاص مبرهنة الضرب العامة، ومبرهنتي الجمع والتقسيم أي قواعد بايز (Bayes)[15]. إن ما يميز هذه المبرهنات

(*3) هناك طبعاً صلة بين التعريف 1 والتعريف التقليدي للاحتمال كحاصل قسمة عدد الحالات المواتية على عدد الحالات متساوية الإمكان؛ ولكن يجب التمييز بدقة بين هذين التعريفين لأننا لا نفرض هنا أن عناصر α متساوية الإمكان.

(15) انظر الملحق الثاني من هذا الكتاب.

هـو عدم ظهور الأعداد الأصلية (الأعداد N) إطلاقاً وظهور التواترات النسبية وحدها، أي النسب أو الأعداد H. وهذا ما يميز أيضاً حساب الاحتمالات بصورة عامة. ولا نصادف الأعداد N إلا في البرهان على عدد محدود من المبرهنات الأساسية المشتقة مباشرة من التعاريف ولا نصادفها في المبرهنات بالذات[*4].

ونشير هنا إلى مثل بسيط جداً نرى فيه كيف يجب فهم ما أوردناه (أمثلة أخرى في الملحق الثاني): سنرمز إلى صف العناصر التي لا تنتمي إلى β بـ $\overline{\beta}$ (ونقرأ «متمم β» أو «لا β») بحيث يمكننا أن نكتب

$$ {}_{\alpha}H''(\beta) + {}_{\alpha}H''(\overline{\beta}) = 1 $$

لا تحوي هذه المبرهنة إلا الأعداد H ولكن البرهان يحتوي الأعداد N وينتج من التعريف [1] مع العودة إلى قضية بسيطة في حساب الصفوف المنطقي

$$ N(\alpha . \beta) + N(\alpha . \overline{\beta}) = N(\alpha) $$

53 ـ الانتقاء ـ الاستقلال ـ اللاتحسس ـ عدم الصلة

تكتسي عملية الانتقاء[16] أهمية خاصة بين العمليات التي يمكن إجراؤها على التواترات النسبية.

ليكن لدينا صف مرجعي منته α (مثلاً صف أزرار في علبة) وصفا علامة β (الأزرار الحمر مثلاً) وγ (الأزرار الكبيرة مثلاً). يمكننا اعتبار صف التقاطع $\alpha.\beta$ صفاً مرجعياً جديداً ونريد معرفة ${}_{\alpha.\beta}H''(\gamma)$، أي تواتر γ في هذا [116] الصف المرجعي الجديد[17]. يمكننا وصف الصف المرجعي $\alpha.\beta$ بأنه «الصف الجزئي من α المنتقى بحسب العلامة β» بمعنى أننا انتقينا من α العناصر (الأزرار) التي تدل عليها العلامة β (الحمر).

(*4) عندما نختار عدداً من الصيغ H بحيث يمكن اشتقاق صيغ H الأخرى منها فإننا نحصل على نظمة موضوعات صورية للاحتمال، انظر الملحقات الثاني، الثاني*، الرابع*، والخامس* من هذا الكتاب.

(16) يستعمل فون ميزس كلمة: «اختيار (Auswahl)».

(17) تعطي «مبرهنة التقسيم العامة» الجواب عن هذا السؤال، انظر الملحق الثاني من هذا الكتاب.

ومن الممكن في ظروف معينة أن يكون للعلامة γ نفس التواتر النسبي في الصف $\alpha.\beta$ وفي الصف المرجعي الأصلي α. أي أنه من الممكن أن يتحقق

$$_{\alpha.\beta}H''(\gamma) = {}_{\alpha}H''(\gamma)$$

ونقول حينئذ (تبعاً لهاوسدورف)[18] إن العلامتين β و γ مستقلتان بعضهما عن بعض في الصف المرجعي α (وعلاقة الاستقلال علاقة ثلاثية متناظرة بالنسبة للعلامتين β وγ)[19] ونقول أيضاً عن علامتين β وγ مستقلتين إحداهما عن الأخرى في صف مرجعي α أن γ «لا تتحسس» في α لانتقاء β (أو أن الصف المرجعي α، مع العلامة γ، لا يتحسس بالانتقاء β).

يمكننا أن نمثل استقلال أو عدم تحسس β وγ في α من وجهة نظر النظرية الذاتية كما يلي: إذا أخبرنا أن عنصراً معيناً من الصف α يتمتع بالعلامة β فإن هذا الإعلام «غير ذي صلة» بالسؤال عما إذا كان هذا العنصر يتمتع بالعلامة γ أم لا[*5]. أما إذا علمنا مثلاً أن γ يتكرر بكثرة (أو بندرة) في الصف الجزئي المنتقى بحسب β $(\alpha.\beta)$ مما هو عليه في الصف α فإن إعلامنا بتمتع عنصر معين بالعلامة β ذو صلة بالسؤال عما إذا كان هذا العنصر يتمتع بالعلامة γ أيضاً أم لا[20].

---

(18) Felix Hausdorff, «Berichte über die Verhandlugen der sächsischen Ges. d. Wissenschaften zu Leipzig,» *Mathem. - Physik Klasse*, 53 (1901), p. 158.

(19) وهي في الواقع ثلاثية التناظر بالنسبة لـ α، β، γ عندما نفرض β و γ منتهيتين. للبرهان على التناظر، انظر الملحق الثاني، (1^s) و ($1s$). * لا يكفي هذا الفرض في الواقع، لعلي قد فرضت ضمنيا أن β و γ محددتان بالصف المرجعي α أو، وهو الأرجح، أن α هو مجالنا الفريد المنتهي (وهذان الفرضان يكفيان). ونعطي هنا مثلاً مضاداً لتبيان عدم كفاية فرضنا الأول: ليكن لدينا المجال الفردي المكون من 5 أزرار؛ 4 منها مدورة (α)؛ 2 مدوران وأسودان ($\alpha.\beta$)؛ 2 مدوران وكبيران ($\alpha.\gamma$)؛ واحد مدور وأسود وكبير ($\alpha.\beta.\gamma$)؛ واحد مربع وأسود وكبير ($\bar{\alpha}\beta\gamma$) وليس لدينا تناظر ثلاثي لأن $F''_{\beta}(\gamma) \neq F''_{\alpha}(\gamma)$.

(*5) وهكذا فإن الإعلام ذو صلة أو غير ذي صلة بوجود صفات ما حسبما تكون هذه الصفات المتساءل عنها تابعة أو مستقلة. وهكذا تعرف الصلة بالتبعية ولكن العكس غير صحيح. انظر الهامش القادم رقم (20) والهامش رقم (*6) للفقرة 55 من هذا الكتاب.

(20) اعترض كينز على نظرية التواتر بحجة أنها لا تستطيع تعريف مفهوم الصلة. * أما الواقع فهو أن النظرية الذاتية غير قادرة على تعريف الاستقلال (الموضوعي) وهو ما يشكل اعتراضاً جدياً على هذه النظرية كما أبيّن ذلك في الفصل الثاني* وخاصة الفقرات *40 - *43 من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

54 ـ المتتاليات المنتهية.
الانتقاء النظامي وانتقاء الجوار

لنفرض أننا رقمنا عناصر صف مرجعي α (بأن نضع رقماً على كل زر) وأننا رتبنا متتالية بحسب هذا الترقيم (الأعداد النظامية). يمكننا القيام بانتقاءات عديدة في هذه المتتالية، أهمها الانتقاء النظامي وانتقاء الجوار.

أما الانتقاء النظامي فهو أن نختار خاصة عددية (كرقم الحد، أو زوجيته الخ.) كعلامة لنسمها β وأن ننتقي بحسب هذه العلامة. نحصل على هذا النحو على «متتالية جزئية منتقاة». وإذا تبيّن أن علامة γ مستقلة عن الانتقاء النظامي بحسب β فنقول عندئذ إن لدينا انتقاءً نظامياً مستقلاً بالنسبة لـ γ ونقول كذلك إن المتتالية α غير متحسسة (بالنسبة لـ γ) بالانتقاء بحسب β.

وانتقاء الجوار يستند إلى علاقات الجوار القائمة بين عناصر متتالية رقمت عناصرها. يمكننا على سبيل المثال أن ننتقي الحدود التي تتمتع الحدود التي تسبقها مباشرة بالعلامة γ، أو تلك التي يتمتع الحدان أو الحدود الثلاثة التي تسبقها بالعلامة λ الخ.

وإذا كان لدينا متتالية أحداث (متتالية رميات قطعة نقود) فعلينا التمييز بين نوعين من العلامات؛ العلامة الأولية (مثلاً «وجه» أو «قفا») التي يمتلكها كل حد من المتتالية بشكل مستقل عن وضعه فيها، والعلامة النظامية الثانوية (مثلاً لاحق بوجه أو زوجي الخ) التي يمتلكها الحد نظراً لموقعه في المتتالية.

نقول عن متتالية ذات علامتين أوليتين إنها متناوبة. وكما بيَّن فون ميزس فمن الممكن، باتخاذ بعض الاحتياطات، قصر دراسة حساب الاحتمالات على المتناوبات، من دون أن نضحي بعموميته. لنرقم العلامتين الأوليتين بـ 1 و0 بحيث تصبح كل متناوبة متتالية ممثلة بـ 1 و0 وحسب.

ويمكن أن تكون بنية المتناوبة منتظمة أو على قدر يزيد أو ينقص من عدم الانتظام؛ وسنتفحص بإمعان أكبر في ما يلي بنية بعض المتناوبات المنتهية[*6].

(*6) اقترح في القراءة الأولى القفز على الفقرات 55-64 أو على الفقرات 56-64 فقط. ولعله من الأنسب الانتقال مباشرة أو بعد الفقرة 55 إلى الفصل العاشر من هذا الكتاب.

55 ـ درجة الحرية N في المتتاليات المنتهية

لتكن لدينا المتناوبة α، الممثلة بألف من 1 وألف 0 ومرتبة على النحو التالي:

$$1100\,1100\,1100\,1100.... \qquad (\alpha)$$

[118] تتسم هذه المتناوبة بالتوزيع المتساوي أي أن التواتر النسبي لواحد يساوي التواتر النسبي لصفر. لنشر إلى التواتر النسبي للعلامة 1 بـ $_\alpha H''$ وإلى الآخر بـ $_\alpha H''(0)$ ولدينا

$$_\alpha H''(1) = {_\alpha H''(0)} = \frac{1}{2} \qquad (1)$$

سننتقي الآن من α كل الحدود التي تتبع مباشرة 1 (علامة الجوار) ولنشر إلى هذه العلامة بـ β، نحصل على هذا الشكل على المتتالية الجزئية المنتقاة $\alpha.\beta$:

$$1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0... \qquad (\alpha.\beta)$$

وهي أيضاً متناوبة وبتوزيع متساو، كما أنه لم يتغير فيها التواتر النسبي لواحد أو التواتر النسبي لصفر، أي أنه يصح:

$$_{\alpha\,\beta}H''(1) = {_\alpha H''(1)}\ ;\ {_{\alpha\,\beta}H''(0)} = {_\alpha H''(0)} \qquad (2)$$

ويمكننا باستعمال مصطلحات الفقرة 53 القول إن العلامات الأولية لـ α لا تتحسس بالانتقاء حسب β.

ولما كان لكل حد من α «لاحق واحد» أو «لاحق صفر» فيمكننا أن نشير إلى هذه العلامة الثانية بـ $\overline{\beta}$ وعندما ننتقي بحسب $\overline{\beta}$ نحصل على المتناوبة

$$0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0... \qquad (\alpha.\overline{\beta})$$

تحيد هذه المتتالية قليلاً عن التوزيع المتساوي لأنها تبدأ بصفر وتنتهي بصفر نظراً لأن المتتالية α تنهي توزيعها المتساوي بـ $0,0$؛ تحتوي المتتالية α على 2000 حد و $\alpha.\overline{\beta}$ على 500 حد صفر وعلى 499 حد واحد. لا يظهر هذا النوع من الانحراف عن التوزيع المتساوي (أو عن التوزيعات الأخرى) إلا بالنسبة للحد الأول والأخير من المتتالية ويصبح صغيراً قدر ما نريد كلما طالت المتتالية؛ ولذا فإننا سنهمله منذ الآن خاصة وأننا سنوسع دراستنا لتشمل المتتاليات اللامنتهية حيث تنعدم هذه الانحرافات. وعليه فسنقول إن

التوزيع متساو في المتتالية $\alpha.\overline{\beta}$ وإن المتناوبة α لا تتحسس بالانتقاء $\overline{\beta}$. وهكذا فإن α (أو بالأحرى التواتر النسبي لعلاماتها الأولية) لا تتحسس بالانتقاءين β و $\overline{\beta}$؛ أو بتعبير آخر لا تتحسس α بأي انتقاء يتعلق بعلامة الحد السابق مباشرة.

وواضح أن عدم تحسس α عائد إلى بنيتها كمتناوبة، وهي بنية تختلف عن بنية متناوبات أخرى عديدة فالمتناوبتان $\alpha.\beta$ و $\alpha.\overline{\beta}$ على سبيل المثال [119] ليستا غير متحسستين بالانتقاء بحسب الحد السابق.

سندرس الآن المتناوبة α بالنظر إلى انتقاءات أخرى لنرى إذا كانت غير متحسسة بها، وخاصة إلى انتقاءات بحسب علامة حدين سابقين؛ يمكننا على سبيل المثال انتقاء الحدود التي تتبع الزوج 1، 1 ونرى فوراً أن α ليست غير متحسسة للانتقاء لحد تابع أحد الأزواج الأربعة التالية: 1، 1؛ 0، 1؛ 1، 0؛ 0,0. لا تتسم أي من المتتاليات الفرعية الأربعة الناتجة بالتوزيع المتساوي، ولكنها على العكس تتكون كلها من «تكررات» بحتة أي من آحاد فقط أو من أصفار فقط.

يمكن التعبير عن عدم تحسس المتتالية α بالانتقاءات بحسب السابق مباشرة، وعكس ذلك أي تحسسها بالنسبة للانتقاءات بحسب الزوج السابق مباشرة من وجهة نظر النظرية الذاتية بالقول إن الإعلام بعلامة الحد السابق في α ليس ذا صلة بعلامة الحد موضع السؤال بينما الإعلام بعلامتي الحدين السابقين وثيق الصلة بعلامة هذا الحد: فهو يسمح لنا انطلاقاً من معرفة قانون بنية α بالتنبؤ بعلامة الحد موضع السؤال. أو بمعنى آخر يلعب الإعلام بعلامتي الحدين السابقين دور «الشروط على الحدود» لاستنتاج التنبؤ. (يتطلب قانون بنية α إعطاء علامتي زوج كشروط على الحدود وهو بالتالي قانون ذو بعدين بالنسبة لهذه العلامات؛ أما إعطاء علامة واحدة فهو غير ذي صلة لأنه على قدر غير كاف من العقدية لتشكيل شروط على الحدود)[*7].

ونريد الآن، آخذين بعين الاعتبار الرابطة القوية بين مفهوم «الفعل» (السببية)

(*7) وهذا يرينا من جديد مدى التضليل الذي توقعنا به التعابير «ذو صلة» أو «غير ذي صلة» التي تلعب دوراً كبيراً في النظرية الذاتية. لأنه إذا كان كل من p وq غير ذي صلة فمن المدهش إلى حد ما القول إنه يمكن لـ p.q أن يكون وثيق الصلة. انظر الملحق التاسع* من هذا الكتاب وخاصة النقطتين 5 و6 من المذكرة الأولى؛ انظر أيضاً الفقرة 38 من هذا الكتاب.

ومفهـوم استنتاج التنبؤات، استعمال بعض الاصطلاحات: فبدلاً من القول «المتناوبة α غير متحسسة بالانتقاء بحسب سابق فردي»، سنقول إن «α حرة من الفعل اللاحق للانتقـاء حسب سابق فردي»، أو باختصار α 1 - حرة؛ وكذلك بدلاً من القول α ليست غير متحسسة بالانتقاء بحسب الزوج السابق سنقـول إن α ليست 2 - حرة[*8].

[120] يمكننا الآن وبسهولـة إعطـاء متناوبات α، على نمط متناوبتنا 1 - حرة، لا تكتفي أن تكون 1 - حـرة وحسب وإنما هي 2 - حـرة، 3 - حـرة الخ. (وتوزيع متساو)، بحيث نصل إلى مفهوم الـ n - حرية من الفعل اللاحـق وهو مفهوم بالغ الأهمية لما سيلي. نقول عن متتالية إنها n - حرة إذا وفقط إذا كانت التواترات النسبية لعلاماتها الأولية غير متحسسة بأي انتقاء بحسب السابق الفردي أو زوج سابقين أو. . . n سابق[21].

يمكن إنشاء متناوبة α 1 - حرة بتكرار «الدور المولد»

1 1 0 0 ... (A)

قدر ما نشاء من المرات. ونحصل بنفس الشكل على متناوبة 2 - حرة (وبتوزيع متساو) إذا أخذنا الدور المولد

1 0 1 1 1 0 0 0 ... (B)

ومتناوبة 3 - حرة من الدور المولد

1 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 ... (C)

(*8) كنت أول من أدخل فكرة تمييز الجوار بحسب سعته والقيام بانتقاءات الجوار بشكل معرف جيداً. أما الاصطلاح حر من الفعل اللاحق فيعود إلى سمولوكوفسكي (Smoluchowski) (من غير فعل لاحق). ولكنه، وكذا رايشنباخ، استعملا الاصطلاح بمعناه المطلق «بعدم التحسس بالانتقاء بحسب أي زمرة من الحدود المجاورة». تعود إلي فكرة إدخال مفهوم معرف بالاستدلال الرجعي لـ 1 - حرية، 2 - حرية، n -حرية وبالتالي جني ثمار طريقة الاستدلال الرجعي في تحليل انتقاءات الجوار وخاصة في إنشاء متتاليات عشوائية. (ولقد استعملت نفس طريقة الاستدلال الرجعي لتعريف الاستقلال المتبادل بين n سابق) .هذه الطريقة مختلفة تماماً عن طريقة رايشنباخ رغم أنها تستعمل أحد مصطلحاته بمعنى محور. انظر أيضاً الهامش رقم (32)، الفقرة 58، وبشكل خاص الهامش رقم (38)، الفقرة 60 من هذا الكتاب.

(21) كما أشار لي دكتور ك. شيف (Schiff)، فمن الممكن تبسيط هذا التعريف: يكفي أن نتطلب عدم التحسس بالانتقاء بحسب n - سابق (و n معطاة)، يمكن حينئذٍ البرهان على عدم التحسس بحسب n-1 . . الخ.

أو متناوبة 4 ــ حرة من

$$0110001110101001000001011111110011\ldots \qquad (D)$$

وكما نرى يزداد الشعور «بعدم الانتظام» كلما كبر العدد n في المتتالية n ــ حرة، ويجب بصورة عامة أن يتألف الدور المولد لمتناوبة n - حرة وبتوزيع متساو من 2^{n+1} حداً على الأقل. يمكن للأدوار التي أعطيناها أن تبدأ من مواضع أخرى بطبيعة الحال، يمكن مثلاً أن يبدأ الدور C من الحد الرابع

$$1000011110100101\ldots \qquad (C')$$

[121] وتوجد تحولات أخرى لا تغير n - حرية الدور المولد. وسنعطي في مكان آخر طريقة لإنشاء الأدوار المولدة (من أجل أي n)(*9).

وإذا أضفنا إلى الدور المولد لمتتالية n - حرة n حداً مباشرةً بعد الدور فسنحصل على مقطع طوله $2^{n+1} + n$ يتمتع فيما يتمتع به من خواص بما يلي: سنجد في المقطع أي ترتيب لـ $n+1$ حداً هي الواحد أو الصفر (أي مضاعف $n+1$) مرة على الأقل(*10).

56 ـ متتاليات المقاطع. صيغة نيوتن الأولى

لتكن لدينا متتالية منتهية α، نسمي المتتالية الجزئية المؤلفة من n حداً متوالياً مقطعاً بطول n من α أو باختصار n - مقطع. وإذا أعطينا بالإضافة إلى α العدد n فيمكننا أن نرتب الـ n - مقاطع من α في متتالية نسميها متتالية الـ n - مقاطع. يمكننا، انطلاقاً من α، إنشاء متتالية الـ n - مقاطع على النحو التالي: نبدأ بالمقطع المكون من الـ n حداً الأول في α، يأتي

(*9) انظر الهامش رقم (1*) للملحق الرابع من هذا الكتاب. سنحصل على متتالية طولها 2^n+n-1 تنتج عندما نحذف منها الـ n-1 حداً الأخيرة دوراً مولداً لمتناوبة m - حرة، حيث $m = n-1$.

(*10) أرى أن التعريف التالي المطبق على أي متناوبة A مهما كان طولها شريطة أن تكون منتهية (ومتساوية التوزيع) مناسب جداً: ليكن N طول A وليكن n أكبر عدد صحيح يحقق العلاقة $2^{n+1} \le N$. عندئذ نقول عن A إنها عشوائية تماماً إذا وفقط إذا لم تختلف التواترات النسبية لأي زوج معين من الحدود أو لأي ثلاثية أو... لأي m حداً معيناً (حتى m=n) عن مثيلاتها زوج، ثلاثة... m حداً غير المعينة إلا بمقدار لا يتجاوز $m/N^{1/2}$ بالترتيب ($m = 2, 3 \ldots n$). يمكننا هذا التعريف من القول عن متناوبة ما إنها عشوائية تقريباً ومن إعطاء درجة التقريب. يمكن إعطاء تعريف آخر أدق بالاعتماد على الطريقة المعطاة في النقطة 8 وما يليها من مذكرتي الثالثة المعاد نشرها في الملحق التاسع* من هذا الكتاب، (حساب قيم الدالة E - القصوى وهي دالة تعود إلي).

بعده المقطع المكون من الحدود 2 إلى الحد $n+1$ من α وبصورة عامة فإن الحد x في متتالية الـ n - مقاطع هو الـ n - مقطع الذي يحتوي على حدود α المرقمة من الرقم x إلى الرقم $x + n-1$؛ نسمي المتتالية التي حصلنا عليها متتالية الـ n - مقاطع المتراكبة. يشير هذا التعبير إلى اشتراك حدين من هذه المتتالية (n - مقطعين) بـ $n-1$ حداً من المتتالية الأصلية α.

يمكننا الآن الحصول من متتالية n - مقاطع متراكبة على متتالية n - مقاطع أخرى وذلك بالانتقاء النظامي وبشكل خاص على متتالية الـ n - مقاطع المتوالية. تحتوي هذه المتتالية على الـ n - مقاطع التي تتبع بعضها بعضاً مباشرة في α بأن نأخذ على سبيل المثال في α الحدود المرقمة من 1 إلى n كـ n - مقطع أول ثم المرقمة من $n+1$ إلى $2n$، من $2n+1$ إلى $3n$ الخ.. كـ n - مقطع ثاني وثالث الخ.. وبصورة عامة تبدأ متتالية n - مقاطع متوالية بالحد k من α وتحتوي مقاطعها على الحدود المرقمة في α من k إلى $n + k-1$، من $n+k$ إلى $2n + k-1$، من $2n + k$ إلى $3n + k-1$ الخ... [122]

سنرمز من الآن فصاعداً إلى المتتاليات الـ n - مقاطع المتراكبة من α بـ $\alpha_{(n)}$ وإلى المتتاليات الـ n - مقاطع المتوالية من α بالرمز α_n.

ولننظر الآن عن قرب إلى المتتاليات الـ n - مقاطع المتراكبة $\alpha_{(n)}$. كل حد فيها هو n - مقطع من α. يمكننا على سبيل المثال اعتبار توالي الترتيب للآحاد والأصفار المؤلفة للمقطع كعلامة أولية. كما يمكننا إذا ما أردنا التبسيط النظر إلى عدد الآحاد في المقطع كعلامة أولية (من دون الأخذ بعين الاعتبار ترتيب الآحاد والأصفار). نشير إلى هذا العدد بـ m ($m \leq n$ طبعاً).

يمكننا اعتبار المتتالية $\alpha_{(n)}$ كمتناوبة وذلك بأن نختار عدداً معيناً m ونخص حداً ما من $\alpha_{(n)}$ بالعلامة «m»: عندما يحتوي المقطع على m آحاداً (عددها m) (وبالتالي على $n-m$ أصفاراً) وبالعلامة «$\overline{m}$» الحدود التي لا تتسم بهذه الخاصة. يتمتع كل حد من $\alpha_{(n)}$ بإحدى هاتين الخاصتين.

ولنعد الآن لمتناوبة α بعلامتين أوليين «1» و«0». وليكن p وq بالترتيب تواتر 1 وتواتر 0 أي $_\alpha H''(1)$ و$_\alpha H''(0)$ ولا نفرض تساوي التوزيع.

لنفرض أن α $n-1$ - حرة على الأقل (حيث n عدد طبيعي مختار كما نشاء) يمكننا حينئذ طرح السؤال التالي: ما هو تواتر ظهور العلامة «m» في المتتالية $\alpha_{(n)}$؟ أي ما هو $_{\alpha(n)}H''(m)$.

يمكن الجواب عن هذا السؤال[22] بعمليات حسابية بسيطة عندما لا نفرض شيئاً سوى أن α هي $n-1$ - حرة. والجواب هو الصيغة التالية (انظر البرهان في الملحق الثالث).

$$\alpha_{(n)}H''(m) = \binom{n}{m} p^m q^{n-m} \qquad (1)$$

أعطى نيوتن الطرف الأيمن في هذه الصيغة في مناسبة مختلفة ولذا تعرف (1) باسم علاقة نيوتن الأولى (أو صيغة ثنائي الحد).

نختم بإعطاء هذه العلاقة دراستنا لنظرية التواتر في الصفوف المرجعية المنتهية. وسننطلق من هذه العلاقة كأساس لمناقشة موضوعة عدم الانتظام.

57 ـ المتتاليات اللامنتهية والتقويمات الفرضية للتواتر [123]

يسهل تعميم النتائج التي حصلنا عليها في حالة المتتاليات المنتهية *n* ـ حرة على المتتاليات المرجعية اللامنتهية *n* ـ حرة المعرفة «بدور مولد»[23]. [تقابل المتتالية المرجعية اللامنتهية من هذا النوع إلى حد بعيد الجمعي كما يراه فون ميزس][*11].

(22) نسمي السؤال عندما يتعلق الأمر بمتتاليات n - مقاطع متوالية ولا منتهية مشكلة بيرنوللي متبعين: von Mises, «Wahrscheinlischkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und Theoretischen Physik,» p. 128,

ونسميه شبه مشكلة بيرنوللي إذا كانت المتتاليات n - مقاطع متراكبة. انظر الهامش رقم (37)، الفقرة (60) من هذا الكتاب. وعلى هذا فإن المشكلة المناقشة في النص هي شبه مشكلة بيرنوللي للمتتاليات المنتهية.

(23) انظر الفقرة 55 من هذا الكتاب.

(*11) أصل هنا إلى النقطة حيث فشلت في إنجاز برنامجي الحدسي إنجازاً تاماً: كنت أريد في البداية تحليل العشوائية في نطاق المتتاليات المنتهية إلى أبعد حد ممكن والانتقال بعد ذلك إلى المتتاليات المرجعية اللامنتهية (حيث نحتاج إلى قيم حدية للتواترات النسبية) وذلك بهدف تطوير نظرية ينتج فيها تناهي قيم التواترات من الطابع العشوائي للمتتابعات. كان يمكن تحقيق هذا البرنامج بسهولة لو اقترحت، كخطوة تالية في التحليل، إنشاء أقصر متتاليات n - حرة (منتهية) من أجل n متزايدة، كما فعلت في ملحقي القديم الرابع. عندئذٍ يسهل البرهان أنه حالما تكبر n بدون حد، تصبح المتتاليات غير منتهية وتتحول التواترات إلى قيم حدية للتواترات وذلك من دون إضافة أي فرض جديد. انظر الهامش رقم (2*) للملحق الرابع والملحق الجديد الرابع* من هذا الكتاب. وكان يمكن لهذا كله أن يبسط الفقرات القادمة؛ ولكنها مع ذلك تحتفظ بمدلولها. ولكنا استطعنا حل مشاكل الفقرتين 63 و64 تماماً ومن دون أي فرض جديد: لم نعد بحاجة إلى ذكر نقط التراكم مادمنا أصبحنا قادرين على البرهان على وجود قيم حدية.

تبقى كل هذه التحسينات في إطار نظرية التواتر البحتة: فهي، ما لم تعرف مسطرة مثالية للاختلال الموضوعي، غير مجدية عندما نتبنى تفسير الاحتمال كقياس للنزوع نحو التحقق في الهيكل التقليدي =

يفرض مفهوم الـ n - حرية وجود مفهوم التواتر النسبي قبله لأن التواتر النسبي للعلامة هو الذي يعرف عدم التحسس لانتقاء بحسب السوابق. سنستعمل في المبرهنات المتعلقة بالمتتاليات المرجعية اللامنتهية بدلاً من مفهوم التواتر النسبي في الصفوف المنتهية (H') مفهوم القيمة الحدية للتواتر النسبي (H') (وذلك بشكل مؤقت حتى الفقرة 64). لا يعترض هذا الاستعمال أي مشكل ما دمنا نقصر دراستنا على متتاليات مرجعية منشأة بحسب قواعد رياضية معينة؛ يمكننا دوماً بالنسبة لهذه المتتاليات ـ المرجعية تعيين تقارب أو عدم تقارب متتالية التواتر النسبي المقابلة لها. تعترضنا المشاكل في مفهوم القيمة الحدية للتواتر النسبي عندما لا توجد أي «قواعد رياضية لإنشاء» المتتالية المرجعية وإنما قواعد تجربية فقط [كتلك التي تعطيها لعبة رمي النقود مثلاً]. (يبقى مفهوم القيمة الحدية غير معرف بالنسبة لهذه المتتاليات)(24).

[124] نعطي هنا مثلاً على إنشاء متتالية بحسب قاعدة رياضية: إن علامة الحد n في المتتالية α هي 0 إذا وفقط إذا كان n قابلاً للقسمة على أربعة وهكذا فإن المتناوبة اللامنتهية هي:

$$1\,1\,1\,0\,1\,1\,1\,0 \ldots \qquad (\alpha)$$

والقيمتان الحديتان للتواتر النسبيين معرفتان وهما $_{\alpha}H'(1) = \frac{3}{4}$ و $_{\alpha}H'(0) = \frac{1}{4}$. سنسمي اختصاراً المتتاليات المعرفة بحسب قاعدة رياضية متتاليات رياضية.

ولنعط في المقابل مثلاً على إنشاء متتالية بحسب قواعد تجربية: إن علامة الحد n في المتتالية α هي 0 إذا وفقط إذا كانت علامة الرمية n لقطعة النقود «قفا». ولكن القواعد التجربية لا تعرف بالضرورة متتالية «ذات طابع عشوائي»؛ سأقول على سبيل المثال عن المتتالية الآتية إنها تجربية: إن علامة الحد n من المتتالية هي 1 إذا وفقط إذا وجد النواس p في الثانية n (محسوبة ابتداء من النقطة 0) على يسار تدريجة معينة.

يبيِّن هذا المثل أنه من الممكن أحياناً استبدال القاعدة التجربية بقاعدة

= الجديد (نظرية القياس). انظر الفقرة 53* وما يليها في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

ولكن وحتى لو فعلت يبقى ضرورياً الحديث عن فرضيات تواتر، عن تقويمات فرضية وعن اختبارها الإحصائي. وهكذا تبقى الفقرة الحالية هامة ومعها أغلب الفقرات التالية حتى الفقرة 64 من هذا الكتاب.

(24) انظر الفقرة 51 من هذا الكتاب.

رياضية ـ مبنية مثلاً على فرضيات وعلى بعض القياسات المجراة على النواس. يمكننا على هذا النحو أن نجد متتالية رياضية قريبة من المتتالية التجريبية بدقة قد تكفي أو لا تكفي بحسب الهدف الذي وضعناه لأنفسنا. ومن الأهمية بمكان بالنسبة لنا إمكانية الحصول على متتالية رياضية تقارب علاقات تواتراتها مثيلاتها في متتالية تجريبية.

لا يقوم التفريق في المتتاليات بين رياضية وتجريبية على أساس «الماصدق» أو الامتداد وإنما على أساس «القصدية» أو الإحاطة، ونعني بذلك أن إعطاء حدود مقطع ما من متتالية حداً حداً مهما كان طول هذا المقطع لا يمكّننا أبداً انطلاقاً من خواص المقطع، من معرفة ما إذا كانت المتتالية رياضية أو تجريبية. ولا يمكننا البت في نوع المتتالية إلا عن طريق الإحاطة بالقواعد التي أنشئت المتتالية بحسبها.

ولما كنا نريد معالجة المتتاليات اللامنتهية باستخدام مفهوم القيمة الحدية للتواترات النسبية وجب علينا الاقتصار على تفحص المتتاليات الرياضية وفي واقع الأمر على تلك المتتاليات ذات متتاليات تواتر نسبي متناهية. ويعني هذا الاقتصار ضمنياً إدخال «موضوعة القيمة الحدية». لن نعالج المشاكل المرتبطة بهذه الموضوعة قبل الفقرتين 63 و66؛ ويبدو لنا من الأنسب ربط فحص هذه المشاكل باشتقاق «قانون الأعداد الكبيرة».

وهكذا فلن نهتم إلا بالمتتاليات الرياضية وعلى التخصيص تلك التي نتوقع أن تقترب علاقات تواتراتها من علاقات تواتر متتاليات تجريبية «ذات طابع [125] عشوائي» (طابع زهر) ـ وهي المتتاليات التي تهمنا بالدرجة الأولى ـ. ولكن توقعنا هذا بالتقارب بين المتتالية الرياضية والمتتالية التجريبية ليس في حقيقة الأمر سوى فرضية[25] تتعلق بعلاقات التواتر في المتتالية التجريبية.

ليس لكون تقويمات التواتر في متتاليات «الزهر» فرضيات أي تأثير في حسابات التواتر. وكذلك الأمر في حسابات التواتر في الصفوف المنتهية حيث لا تلعب الطريقة التي وصلنا بواسطتها إلى تقويمات التواتر أي دور. يمكن الحصول على هذه التقويمات بالعد الفعلي، في المتتاليات التجريبية، أو بناء على معطيات رياضية أو على فرضية من الفرضيات. كما يمكننا بكل بساطة اختراعها. نفرض دوماً، في حساب التواترات، أن بعض التواترات معطاة ونشتق الأخرى منها كتحصيل حاصل.

---

(25) سأناقش في الفقرات 65-68 من هذا الكتاب «مسألة بتية فرضيات» التواتر لمعرفة ما إذا كان هذا التوقع ـ هذه الفرضية ـ قابلاً للاختبار وكيف يمكن فعل ذلك (تثبيته أو تفنيده). انظر أيضاً الملحق التاسع* من هذا الكتاب.

وينطبق هذا كله على تقويمات التواتر للمتتاليات المرجعية اللامنتهية. ورغم أن السؤال عن الفروض التي اشتقت منها تقويمات التواتر ليس أحد مسائل حساب الاحتمالات فمن الضروري عدم استبعاده في نقاش مشاكل الاحتمالات.

يمكننا التمييز في ما يتعلق بالمتتاليات اللامنتهية التجربية بين نوعين من مصادر تقويمات التواتر: تقويمات مبنية على فرضية التوزيع المتساوي وأخرى مبنية على التعميم (الاستكمال الخارجي) الإحصائي.

تستند فرضيات التوزيع المتساوي في غالب الأحيان إلى اعتبارات تناظر[26]: تتساوى فرضاً التواترات النسبية لمختلف العلامات الأولية (تتساوى الاحتمالات) (وأنموذج هذه الفرضية هو تساوي التوزيع في رمي الزهر لكون سطوح المكعب الستة متناظرة ومتكافئة).

يمكن إعطاء تقويم احتمالات الوفاة كمثل على التعميم الإحصائي. إذ نعمم هنا المعطيات الإحصائية المتعلقة بالوفيات التي وقعت مفترضين أن نسب التواترات التي أحصيناها في الماضي لن تتغير كثيراً في المستقبل القريب ونقوِّم على هذا الأساس.

لا يعي النظريون ذوو النزعة الاستقرائية غالباً العنصر الفرضي في التقويمات. [126] ويخلطون بين التقويمات الفرضية أي التنبؤات بالتواتر على أساس التعميم الإحصائي وبين أحد مصادرها التجربية وهو عد وفرز متتاليات الأحداث الماضية. كثيراً ما يدعي البعض أنهم «اشتقوا» من هذا العد والفرز (من إحصائيات الوفيات مثلاً) تقويمات احتمال أو تنبؤات تواتر. ليس لهذا الادعاء أي مبرر منطقي فهم لم يقوموا بأي اشتقاق منطقي وكل ما قد يكونون قد فعلوه هو إعطاء فرضية غير محققة وليس لها ما يبررها: تبقى بحسبها علاقات التواترات ثابتة وتسمح بالتالي بالتعميم. ويريد النظريون ذوو النزعة الاستقرائية شرح التقويمات متساوية التوزيع تجربياً أيضاً فهم يعتبرونها مبنية على الخبرة الإحصائية أي على التواترات المرصودة تجربياً. أما أنا فأعتقد أن اعتبارات التناظر وتأملات أخرى مماثلة هي التي تقودنا في غالب الأحيان مباشرة عند إعطائنا تقويمات التواتر الفرضية. ولا أرى ما يدعو إلى القول إن تراكم الخبرة الاستقرائية هي التي تقودنا في هذا المجال. ومع ذلك فإني لا أعلق أهمية تذكر على هذه المسائل المتعلقة بالأصل والمصدر[27] والمهم في نظري هو

---

(26) درس كينز هذه الاعتبارات في تحليله لمبدأ عدم التحسس.

(27) انظر الفقرة 2 من هذا الكتاب.

الإلحاح على الطابع الفرضي لكل تقويم تواتر في المتتاليات المرجعية اللامنتهية التجربية وكذلك للتقويم الناتج عن التعميم الإحصائي وأعني بذلك أن التقييم يتجاوز بكثير كل ما يمكننا الادعاء به انطلاقاً من تجاربنا أو أرصادنا.

يقابل التمييز بين فرضية التوزيع المتساوي والتعميم الإحصائي الذي أعطيناه التمييز التقليدي بين «الاحتمالات القبلية» و«الاحتمالات البعدية». نفضل تجنب هذين التعبيرين لأنهما استعملا في معانٍ عديدة مختلفة[28] ولأنهما مشحونان فلسفياً.

سنحاول في المناقشة التالية لموضوعة عدم الانتظام تقريب المتتاليات التجريبية العشوائية بمتتاليات رياضية. أي أننا سنناقش فرضيات التواتر[12*].

58 ـ مناقشة موضوعة عدم الانتظام

ناقشنا في الفقرتين 54 و55 مفهومي الانتقاء النظامي وانتقاء الجوار ونريد هنا الاستعانة بهما لمناقشة «موضوعة عدم الانتظام» («مبدأ انتفاء نظمة اللعب») واستبدالها بمتطلب أضعف منها. لقد عرّف فون ميزس مفهوم الجمعي انطلاقاً من هذه الموضوعة وتطلب ألا تتحسس القيم الحدية للتواترات في جمعي بأي انتقاء [127] نسقي مهما كان شكله. (يمكن لكل نظمة مقامرة أن تمثل نظمة انتقاء).

لقد تركزت الانتقادات التي وجهت إلى هذه الموضوعة في أغلب الأحيان على أحد المظاهر السطحية لصياغتها وعديم الصلة نسبياً: نظراً لأن اختيار رميات النرد التي تعطي 5، على سبيل المثال، هو انتقاء، ونظراً لأن هذا الانتقاء سيغير بطبيعة الحال وبشدة القيم الحدية للتواترات، فقد تكلم فون ميزس في صياغته لموضوعة عدم الانتظام[29] عن «اختيارات» (= انتقاءات) مستقلة عن النتيجة المذكورة ومعرفة بالتالي من دون استعمال العلامة [الأولية] للحد المنتقى. ولكن

---

(28) فقد استعمل بورن (Born) وجوردان (Jordan) التعبير الأول بمعنى فرضية التوزيع المتساوي في: Max Born and Pascual Jordan, *Elementare Quantenmechanik* (Berlin: J. Springer, 1930), p. 308; بينما استعمله آ. آ. تشوبروف (A. A. Tschuprov) بمعنى فرضيات التواتر واستعمل تعبير الاحتمالات البعدية كاختبار تجريبي بالعد والفرز لتعبير الاحتمالات القبلية.

(12*) وهذا هو بالتحديد البرنامج الذي أشرنا إليه في الهامش رقم (11*) أعلاه والذي حققناه في الملحقين الرابع والرابع* من هذا الكتاب.

(29) انظر على سبيل المثال: von Mises, *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*, p. 25.

كل الانتقادات[30] تزول بإعادة صياغة لموضوعة عدم الانتظام نحذف فيها التعبير موضوع الخلاف[31] بأن نقول مثلاً: لا تتحسس القيم الحدية لتواترات جمعي بالانتقاءات النظامية أو بانتقاءات الجوار أو بأي تركيب لطريقتي الانتقاء المذكورتين[*13].

تختفي بفضل هذه الصياغة الصعوبات التي ذكرناها ولكن صعوبات أخرى لا تزال قائمة. فقد يكون من المستحيل البرهان على خلو تعريف الجمعي المبني على هذه الموضوعة من التناقض، أو بتعبير آخر البرهان على أن صف الجمعي ليس فارغاً (لقد ألح كامكه[32] على ضرورة هذا البرهان). وعلى الأقل يبدو أنه من المستحيل إنشاء مثل «لجمعي» أي البرهان على هذا النحو على وجود الجمعي. وسبب ذلك أنه لا يمكن إعطاء متتالية لامنتهية تخضع لشروط معينة إلا بواسطة قاعدة رياضية. ولكن ليس «للجمعي»، تعريفاً بحسب فون ميزس، أيُّ قاعدة رياضية لأنه يمكن للقاعدة أن تستخدم «كنظمة مقامرة» (كنظمة انتقاء). يبدو أن هذا الاعتراض غير قابل للرد عليه عندما نستثني كل نظم المقامرة[*14]. [128]

ويقوم اعتراض آخر على استثناء كل نظم المقامرة: إنه يتطلب أكثر مما يلزم: يجب علينا إذا أردنا بناء نظمة منطوقات على أساس موضوعاتي ـ وفي حالتنا مبرهنات حساب الاحتمالات وبشكل خاص مبرهنة الضرب الخاصة أو مبرهنة بيرنوللي ـ اختيار عدد من الموضوعات الكافية لاشتقاق النظمة. ولكن هذا وحده لا يفي بالغرض إذ يجب أيضاً (إذا استطعنا فعل ذلك) أن تكون الموضوعات

---

(30) انظر على سبيل المثال: Herbert Feigl, «Wahrscheinlichkeit und Erfahrung,» *Erkenntnis*, 1 (1930), p. 256,

حيث توصف الصيغة «غير قابلة للتعبير عنها رياضياً»؛ انتقاد رايشنباخ قريب من هذا في:
Hans Reichenbach, «Axiomatik der Wahrscheinlichkeitsrechnung,» *Mathematische Zeitschrift*, vol. 34 (1932), pp. 594 f.

(31) كما لاحظ دورج ولكن بدون شرح.

(*13) كان يجب علي أن أضيف «... شريطة أن يسمح هذا التركيب ببناء نظمة مقامرة». انظر الهامش رقم (36) في هذه الفقرة، والهامش رقم (*22) للفقرة 60 من هذا الكتاب.

(32) انظر مثلاً: Erich Kamke, *Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie* (Leipzig: Hirzel, 1932), p. 147, and *Jahresbericht der Deutschen Mathem. Vereinigung*, 42 (1932).

يصح اعتراض كامكه على محاولة رايشنباخ تحسين موضوعة عدم الانتظام بإدخاله «المتتاليات النظامية» لأنه لم يستطع البرهان على أن هذا المفهوم ليس فارغاً. انظر: Reichenbach, «Axiomatik der Wahrscheinlichkeitsrechnung,» p. 606.

(*14) ومع ذلك يمكن الرد إذا استثنينا المجموعات المعدودة لنظم المقامرة. يمكن حينئذٍ إنشاء مثل (بشكل من أشكال الطرق النظرية). انظر أيضاً الفقرة 54*، النص بعد الهامش 5 المخصص لـ آ. فالد (A. Wald) في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

لازمة. وهكذا فإن استثناء كل نظم الانتقاء ليس ضرورياً لاستنتاج مبرهنة بيرنوللي ولوازمها؛ ويكفي وضع مسلمة تقضي باستثناء صف معين من انتقاءات الجوار: يكفي أن نتطلب عدم تحسس المتتالية للانتقاء بحسب عدد ما مختار n من الحدود السابقة، أي أن تكون المتتالية n - حرة من الفعل اللاحق مهما يكن العدد n أو باختصار حرة إطلاقاً.

ولذا فإننا نقترح استبدال «مبدأ انتفاء نظمة المقامرة» لفون ميزس بمبدأ أقل تطلباً وهو الحرية المطلقة، كما نقترح تعريف المتتاليات ذات «الطابع العشوائي» بكونها المتتاليات التي تستجيب لهذا المبدأ. إن الميزة الأولى لاقتراحنا هي عدم استثنائه لكل نظم المقامرة بحيث يمكننا إعطاء قواعد رياضية لإنشاء متتاليات حرة إطلاقاً بالمعنى الذي حددناه وبالتالي بناء أمثلة[33]. ونكون على هذا الشكل قد واجهنا اعتراض كامكه: نستطيع إثبات عدم فراغ مفهوم المتتاليات ذات «الطابع العشوائي» الرياضية وبالتالي إثبات اتساق هذا المفهوم[*15].

قد يبدو غريباً أن نحاول اقتفاء أثر المتتاليات الرياضية المنتظمة لدراسة الطابع غير المنتظم لمتتاليات الزهر. وتبدو من وجهة النظر هذه موضوعة عدم الانتظام لفون ميزس معقولة للوهلة الأولى: يسهل القبول بعدم ظهور أي انتظام في متتاليات الزهر، أي أنه من المعقول أن تكلل كل محاولة لتفنيد انتظام ما مخمن بتفحص مقاطع جديدة من المتتالية بالنجاح في نهاية المطاف. ويستفيد اقتراحنا من هذه المعقولية، فإذا كانت متتاليات الزهر غير منتظمة فالأولى أنها لا تنتمي إلى أي نوع مخصص من المتتاليات المنتظمة، ونحن في طلبنا بالحرية المطلقة لا نستثني [129] إلا نوعاً واحداً من المتتاليات المنتظمة، وهو نوع هام في حقيقة الأمر.

وتعود أهميته إلى واقع أن المطالبة بالحرية المطلقة تؤدي ضمناً إلى استثناء ثلاثة أنواع من نظم المقامرة[34]: انتقاء الجوار «العادي» [ولعل من الأفضل تسميته «البحت»[*16]] وهو الانتقاء للحدود وفق تمييز ثابت لعلامات الحدود المجاورة، والانتقاء النظامي «العادي» الذي يميز الحدود بالمسافات الثابتة

---

(33) انظر الملحق الرابع، الفقرة (a)، ص 313 وما بعدها من هذا الكتاب.

(*15) إن معرفة الملحق الرابع في هذا الإطار مهمة جداً. كما أني أجيب عن أغلب الاعتراضات التي جوبهت بها نظريتي في الفقرة القادمة.

(34) انظر الفقرة التالية 59.

(*16) انظر نهاية الفقرة 60 أسفله.

(كانتقاء الحدود المرقمة بـ k، $n+k$، $2n+k$ الخ. . .) وأخيراً [عدد][17*] من الانتقاءات المركبة من هذين الانتقاءين (كأن ننتقي مثلاً كل الحدود المرقمة بـ n ومضاعفاتها شريطة أن يتمتع جوارها بصفات نحددها [تمييز ثابت لعلامات الجوار مثلاً]. تشترك هذه الأنواع الثلاثة بصفة مميزة وهي أن الانتقاء لا يتوقف على وجود حد أول مطلق للمتتالية إذ يمكن للمتتالية الأصلية أن تبتدئ من حد آخر مقابل وتبقى المتتالية المنتقاة من دون تغيير. وهكذا فإن نظم المقامرة التي استثنيناها هي تلك التي يمكن استعمالها من دون معرفة الحد الأول: لا تتغير النظم المستثناة نتيجة تحولات (خطية) وهي نظم المقامرة البسيطة[35]. أما النظم الوحيدة[18*] التي لا يستثنيها تطلبنا فهي التي تتوقف على مسافة الحد من حد (أول) مطلق[36].

يبدو أخيراً أن تطلبنا للحرية المطلقة يتماشى مع الفرضيات التي نقبلها (عن وعي أو غير وعي) فيما يتعلق بمتتاليات ذات طابع الزهر؛ أن نتيجة رمي النرد القادمة لا تتوقف على نتائج الرميات السابقة (وخض النرد قبل رميه يهدف إلى تحقيق هذا الاستقلال).

59 ـ المتتاليات ذات طابع الزهر. الاحتمال الموضوعي

نريد الآن، بعد كل ما قلناه، إعطاء التعريف التالي:

نقول عن متتالية علامات، وخاصة عن متناوبة، إنها ذات طابع الزهر إذا كانت قيم التواتر الحدية لعلاماتها الأولية حرة مطلقة أي إذا كانت لا تتحسس بالانتقاءات بحسب السوابق n المتتابعة. ونقول عن القيمة الحدية للتواتر المقابل للعلامة في هذه الحالة إنها الاحتمال الموضوعي للعلامة المذكورة في المتتالية المرجعية التي عرفناها. نرمز لهذا الاحتمال بـ H. أو بتعبير آخر: [130]

(17*) أدخلت هذه الكلمة للمرة الأولى في الترجمة إلى اللغة الإنكليزية وكذلك الكلمات داخل القوسين المعقوفين في آخر الجملة.

(35) انظر الفقرة 43 من هذا الكتاب.

(18*) الوحيدة هذه الكلمة صحيحة فقط عندما نتحدث عن نظم مقامرة (متنبئة). انظر الهامش رقم (22*)، الفقرة 60 والهامش 6 للفقرة 54* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(36) مثلاً: انتقاء الحدود المرقمة بأعداد أولية.

لدينا من أجل متتالية α ذات طابع زهر وعلامة أولية β العلاقة

$$_{\alpha}H'(\beta) = {}_{\alpha}H(\beta)$$

وسنبرهن الآن على أن هذا التعريف كاف لاستنتاج القوانين الرئيسية لنظرية الاحتمال الرياضية وعلى وجه الخصوص مبرهنة بيرنوللي. وبعد ذلك سنعدل ـ في الفقرة 64 ـ هذا التعريف إلى حد يصبح فيه مستقلاً عن مفهوم قيمة التواتر الحدية[*19].

60 ـ إشكالية بيرنوللي

يمكن اشتقاق صيغة نيوتن الأولى (صيغة ثنائي الحد) التي أعطيناها في الفقرة 56 بفرض المتتالية المنتهية α n-1 –حرة على الأقل. لنذكر بهذه العلاقة المتعلقة بمتتاليات المقاطع المتراكبة

$$\alpha_{(n)}H''(m) = \binom{n}{m} p^m q^{n-m} \qquad (1)$$

يمكن تعميم هذه العلاقة بسهولة على المتتاليات اللامنتهية وعلى القيم الحدية لتواتراتها H' انطلاقاً من نفس الفرض، أي أنه إذا كانت α اللامنتهية n-1 - حرة على الأقل فإن

$$\alpha_{(n)}H'(m) = \binom{n}{m} p^m q^{n-m} \qquad (2)$$

وبما أن المتتاليات ذات الطابع العشوائي مطلقة الحرية فالعلاقة (2) تنطبق عليها مهما تكن n؛ نسميها صيغة نيوتن الثانية.

ونريد الآن مكرسين اهتمامنا لهذه المتتاليات المرجعية α، البرهان على أن هذه المتتاليات تحقق إضافة إلى الصيغة (2) صيغة نيوتن الثالثة:

$$\alpha_n H(m) = \binom{n}{m} p^m q^{n-m} \qquad (3)$$

تختلف هذه العلاقة عن سابقتها في شيئين: فهي تصح على متتاليات المقاطع

(*19) أميل الآن إلى استعمال التعبير «الاحتمال الموضوعي» بشكل مختلف ليشمل كل التفسيرات «الموضوعية» لحساب الاحتمال الصوري، كالتفسير التواتري وعلى الأخص تفسير الاحتمال كقياس للنزوع نحو التحقق، وهو التفسير الذي ناقشه في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, أما في الفقرة 59 هنا فقد استعملنا هذا التعبير كأداة فقط لإنشاء شكل من أشكال نظرية التواتر.

المتوالية α_n وليس على متتاليات المقاطع المتراكبة $\alpha_{(n)}$، هذا أولاً. وثانياً لا تحتوي على الرمز H' وإنما على الرمز H؛ وهي تؤكد ضمنياً بهذا الاحتواء أن متتاليات المقاطع المتوالية هي متتاليات ذات طابع عشوائي أي حرة مطلقاً لأن الاحتمال الموضوعي H معرّف بالنسبة لهذه المتتاليات الأخيرة وحدها.

[131] نسمي (تبعاً لفون ميزس) «إشكالية بيرنوللي»[37] السؤال عن الاحتمال الموضوعي للعلامة m في متتالية مقاطع متوالية $\alpha_n H(m)$. تجيب الصيغة (3) عن هذا السؤال، والفرض أن α حرة مطلقاً يكفي[38].

لذلك يمكننا البرهان[*20] على صحة الصيغة (3) على مرحلتين. نبرهن أولاً على أن الصيغة (2) تنطبق أيضاً على متتاليات المقاطع المتوالية α_n بالإضافة إلى متتاليات المقاطع المتراكبة $\alpha_{(n)}$. ونبرهن ثانياً على أن متتاليات المقاطع المتوالية حرة مطلقاً. (لا يمكن تغيير الترتيب بين هاتين المرحلتين لأن متتاليات المقاطع المتراكبة $\alpha_{(n)}$ ليست بأي حال حرة مطلقاً. فهي في واقع الأمر مثل نموذجي لما يسمى لمتتاليات الفعل اللاحق)[39].

(المرحلة الأولى). إن المتتاليات المتوالية α_n هي متتاليات جزئية من المتتاليات المتراكبة $\alpha_{(n)}$. ويمكننا الحصول عليها بالانتقاءات النظامية المعتادة. وإن استطعنا البرهان على عدم تحسس القيم الحدية للتواتر في المتتاليات المتراكبة $\alpha_{(n)}H(m)$ بهذه الانتقاءات فإننا سنكون قد برهنا على المرحلة الأولى (بل وعلى أكثر من ذلك) أي على

$$\alpha_n H'(m) = \alpha_{(n)} H'(m) \qquad (4)$$

---

(37) نسمي الإشكالية المتعلقة بمتتاليات المقاطع المتراكبة والتي تجيب عنها الصيغة 2 شبه إشكالية بيرنوللي. انظر الهامش رقم (22)، الفقرة 56 وكذلك الفقرة 61 من هذا الكتاب.

(38) يعترض رايشنباخ ضمنياً على هذا عندما يكتب: «... إن المتتاليات النظامية حرة مطلقاً بينما العكس ليس صحيحاً بالضرورة»، انظر: Reichenbach, «Axiomatik der Wahrscheinlichkeitsrechnung,» p. 603,

ولكن متتاليات رايشنباخ النظامية هي تلك التي تنطبق عليها العلاقة (3). (إن الذي مكننا من البرهان هو انحرافنا عن الطرق المتبعة حتى الآن والتي تعطي مفهوم الحرية من الفعل اللاحق («المطلق») مباشرة أما نحن فقد عرفناه باستعمال n - حرية من الفعل اللاحق مما أتاح لنا اللجوء إلى طريقة الاستقراء الرياضي.

(*20) نعطي هنا الخطوط الكبرى للبرهان. يمكن للقارئ الذي لا يهمه البرهان الانتقال مباشرة إلى المقطع الأخير من هذه الفقرة.

(39) لقد بنى سمولوكوفسكي (Smoluchowsky) نظرية الحركة البرونية (Brown) على متتاليات الفعل اللاحق (متتاليات المقاطع المتراكبة).

سنبدأ بإعطاء الخطوط العريضة للبرهان من أجل $n=2$ أي على

$$\alpha_2 H'(m) = \alpha_{(2)} H'(m) \qquad (m \leq 2) \qquad (4a)$$

ثم نعممها على n لا على التعيين.

يمكننا انطلاقاً من المتتالية متراكبة المقاطع $\alpha_{(2)}$ انتقاء متتاليتين متواليتين مختلفتين فقط لا غير. الأولى وسنشير إليها بـ (A) تحتوي على الحدود الأول، والثالث، الخامس... من $\alpha_{(2)}$ وتحتوي بالتالي على أزواج الحدود من α ذات الأرقام 1، 2؛ 3، 4؛ 5، 6؛... والثانية وسنشير إليها بـ (B) تحتوي على الحدود الثاني، الرابع، السادس ... من $\alpha_{(2)}$ وبالتالي على أزواج الحدود من α ذات الأرقام 2، 3؛ 4، 5؛ 6، 7 ... لنفرض الآن أن العلاقة $(4a)$ غير صحيحة من أجل واحدة من المتتاليتين (A) و(B) بحيث أن أحد المقاطع، لنقل الزوج 0،0، يتكرر كثيراً جداً في إحدى هاتين المتتاليتين ولتكن (A)؛ سيقع انحراف متمم في المتتالية (B)، أي أن المقطع 0،0 سيكون نادراً جداً فيها. («نادراً جداً» أو «كثيراً جداً» بالنسبة لصيغة نيوتن). ولكن هذا يتعارض مع الحرية مطلقاً التي فرضناها في α. ذلك أنه إذا تكرر الزوج 0،0 في (A) أكثر من تكراره في (B) فإنه سيظهر في مقاطع من α طويلة بما فيه الكفاية على مسافات متميزة محددة أكثر من ظهوره على مسافات أخرى. أو بمعنى آخر عندما تنتمي الأزواج 0،0 إلى إحدى المتتاليتين α_2 فستكون هناك مسافات أكثر تكراراً بينما ستكون أقل تكراراً عندما تنتمي الأزواج 0،0 إلى كلتا المتتاليتين α_2. وبما أن صيغة نيوتن الثانية ترينا، بفرض حرية الفعل اللاحق، أن تكرار ظهور متتالية معينة طولها n في متتالية $\alpha_{(n)}$ لا يتوقف إلا على عدد الآحاد والأصفار الموجودة فيها ولا يتوقف البتة على ترتيبها في المتتالية فالتناقض واقع مع الحرية المطلقة[*21].

وهكذا نكون قد برهنا على صحة $(4a)$ وبما أنه من السهل تعميم هذه العلاقة من أجل كل عدد n فنكون قد برهنا على (4) أيضاً وانتهينا من المرحلة الأولى.

(المرحلة الثانية). يمكننا البرهـان على نحو مماثل على أن المتتاليات α_n

[132]

(*21) قد تبدو الفكرة أكثر وضوحاً للاعتبارات التالية: إذا كانت الأزواج 0،0 تتكرر على مسافات معينة متميزة أكثر من تكرارها على مسافات أخرى فمن الممكن الاستفادة من هذا الوضع لبناء نظمة بسيطة تحسن حظوظ أحد اللاعبين. ولكن نظم المقامرة هذه لا تتفق مع حرية الفعل اللاحق المطلقة للمتتالية. يقوم برهاننا للمرحلة الثانية على نفس الاعتبارات.

حرة مطلقاً. وسنقتصر في البداية مرة ثانية على المتتاليات α_2 وعلى 1- حريتها. لنفترض عدم وجود أي 1- حرية في إحدى متتالياتي α_2، في المتتالية (A) على سبيل المثال. سنجد في هذه الحالة مقطعاً على الأقل، زوجاً من حدود α وليكن، 0،0 على سبيل المثال، يتبعه مقطع آخر، وليكن 1، 1 على سبيل المثال، بتكرار أكبر مما هو عليه الحال لو فرضنا الحرية مطلقاً لـ (A) أي أن المقطع 1، 1 سيتكرر في المتتالية الجزئية المنتقاة من (A) بحسب المقطع السابق 0،0 أكثر مما نتظره من صيغة نيوتن.

ولكن هذا الفرض يتعارض مع الحرية مطلقاً لـ α: فعندما يتكرر الزوج 1، 1 بعد 0،0 بكثرة في (A) يجب أن يحدث التقاص في (B) التي ستوجد في حالة معاكسة لـ (A) وإلا لتكررت الرباعية 1، 1، 0،0 في α أكثر من اللزوم على مسافات متميزة محددة وهي المسافات التي تحصل عندما ينتمي الزوجان 0،0 و1، 1 إلى نفس إحدى المتتاليتين α_2، بينما ستكون الرباعية أقل تكراراً على مسافات أخرى متميزة محددة عندما ينتمي الزوجان إلى كلتا المتتاليتين α_2. كل هذا طبعاً في مقاطع من α طويلة بما فيه الكفاية. وهكذا نجد أنفسنا أمام نفس الحالة التي واجهناها قبل قليل؛ ويمكننا أن نبرهن انطلاقاً من نفس الاعتبارات على عدم تلاؤم فرض حدوث مفضل على مسافات متميزة مع افتراض الحرية المطلقة لـ α. [133]

وهنا أيضاً يمكننا تعميم البرهان ليشمل المتتاليات α_n بحيث يمكننا القول إن هذه المتتاليات ليست 1- حرة وحسب وإنما n- حرة مهما تكن n أي القول بطابعها العشوائي.

وبهذا نكون قد أنجزنا المرحلتين: ولذا يحق لنا الآن تبديل H' بـ H في (4) وهذا يعني أنه يحق لنا القول إن صيغة نيوتن الثالثة تحل إشكالية بيرنوللي.

كما أننا برهنا بالمناسبة أن متتاليات المقاطع المتراكبة $\alpha_{(n)}$ لا تتحسس «بالانتقاء النظامي العادي» عندما تكون α حرة مطلقة.

ويصح نفس الشيء في المتتاليات α_n متوالية المقاطع لأنه يمكن اعتبار «انتقاء نظامي عادي» من α_n انتقاءً نظامياً عادياً من $\alpha_{(n)}$. وهذا يصح على α نفسها أيضاً إذ يمكن أن نكتب هذه المتتالية على الشكل $\alpha_{(1)}$ أو α_1.

وهكذا فقد برهنا، من بين ما برهناه، على أنه ينتج من الحرية المطلقة ـ التي تعني عدم التحسس لنوع خاص من انتقاءات الجوار ـ عدم التحسس «للانتقاءات

النظامية العادية». كما ينتج كذلك، وهذا ما يمكن التحقق منه بسهولة، عدم التحسس لانتقاءات الجوار «البحتة» (أي الانتقاء بحسب تمييز ثابت للجوار، ونقصد بالثابت عدم تغيره بتغير رقم الحد). وينتج أخيراً عدم التحسس لكل[*22] تركيبات هذين النوعين من الانتقاءات.

61 ـ قانون الأعداد الكبرى (مبرهنة بيرنوللي)

يمكن اشتقاق مبرهنة بيرنوللي أو (أول)[40] «قانون للأعداد الكبيرة» من صيغة نيوتن الثالثة بالقيام بتحويلات حسابية صرفة شريطة أن نستطيع جعل n تتناهى إلى ما لا نهاية $n \to \infty$. ولذا فهي مشتقة فقط من أجل متتاليات α لا منتهية لأنها [134] الوحيدة التي تطول فيها الـ n - مقاطع في المتتاليات α_n بدون حدود ولأنها الوحيدة كذلك الحرة مطلقاً، إذ لا يمكن جعل n تتناهى إلى ما لا نهاية إلا إذا فرضنا الـ n- حرية مهما تكن n.

وتعطي مبرهنة بيرنوللي الحل لمسألة قريبة جداً من إشكالية بيرنوللي وهي مسألة قيمة $\alpha_nH(m)$. رأينا في الفقرة 56 أن لـ n- مقطعاً العلامة «m» إذا احتوى على m واحداً. والتواتر النسبي للواحد في هذا المقطع المنتهي هو بالطبع $\frac{m}{n}$. وسنقول تعريفاً إن لـ n- مقطعاً من α العلامة «Δp» عندما يحيد التواتر النسبي للواحد فيه بأقل من δ عن المقدار $_\alpha H(1) = p$ وهو قيمة احتمال الواحد في المتتالية α؛ وδ عدد صغير قدر ما نريد ومعطى مسبقاً أي عندما $|\frac{m}{n} - p| < \delta$. وإلا سنقول تعريفاً إن لـ n- مقطعاً العلامة «$\overline{\Delta p}$». تجيب مبرهنة بيرنوللي على السؤال عن قيمة تواتر، أي عن احتمال، مقاطع من هذا النوع ـ مقاطع تتمتع بالعلامة «Δp» ـ من بين المتتاليات α_n. أي أنها تجيب عن السؤال عن $\alpha_nH(\Delta p)$.

يبدو معقولاً أن تتزايد تواترات هذه المقاطع برتابة وبالتالي قيمة $\alpha_nH(\Delta p)$ كلما ازدادت n، من أجل قيمة ثابتة لـ δ $(\delta > 0)$. يتعمد البرهان على مبرهنة بيرنوللي (والذي يمكن الرجوع إليه في كتب حساب الاحتمالات) على تقدير

(*22) أعتقد الآن أن كلمة «كل» خطأ ومن الأفضل استبدالها لتكون أكثر دقة بـ «كل... التي يمكن أن تستعمل كنظمة مقامرة». بيّن لي أبراهام فالد الحاجة إلى هذا التصحيح عام 1935. انظر الهامشين رقمي (*13) و(*18) للفقرة 58 من هذا الكتاب، والهامش 6 للفقرة *54، في ما يتعلق بـ أ. فالد في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(40) يفرق فون ميزس بين مبرهنة بيرنوللي (أو بواسون Poisson) والمبرهنة العكسية التي يسميها مبرهنة بايز أو قانون الأعداد الكبيرة الثاني.

هذا التزايد بالاستعانة بصيغة نيوتن. وتنص المبرهنة على أن قيمة $\alpha_n H(\Delta p)$ تقترب أقصى ما نشاء من القيمة العظمى للاحتمال 1، عندما تزداد n بدون حدود، من أجل δ محددة وصغيرة قدر ما نريد أو بشكل آخر.

$$\lim_{n\to\infty} \alpha_n H(\Delta p) = 1 \qquad (1)$$

وذلك من أجل كل قيمة لـ Δp

هذه الصيغة هي تحويل لصيغة نيوتن الثالثة من أجل متتاليات المقاطع المتوالية. ويعطي بالمقابل تحويل صيغة نيوتن الثانية من أجل متتاليات المقاطع المتراكبة العلاقة المماثلة

$$\lim_{n\to\infty} \alpha_{(n)} H'(\Delta p) = 1 \qquad (2)$$

تصلح هذه العلاقة لمتتاليات المقاطع المتراكبة وللانتقاءات النظامية العادية منها وكذلك «لمتتاليات الفعل اللاحق»[41] (التي درسها سمولوكوفسكي). تعطينا العلاقة (2) العلاقة (1) في حالة متتاليات المقاطع غير المتراكبة وبالتالي الحرة مطلقاً. نسمي (2) شبه مبرهنة بيرنوللي. وتنطبق كل الملاحظات التي نبديها على مبرهنة بيرنوللي حرفاً حرفاً على شبه مبرهنة بيرنوللي. [135]

ويمكننا التعبير عن مبرهنة بيرنوللي (1) بالكلمات على النحو الآتي: [نقول عن مقطع منته من متتالية α ذات طابع عشوائي إنه «ممثل» (أو على الأصح «δ-ممثل») عندما لا ينحرف تواتر الآحاد فيه عن احتمالها في α، p، أكثر من مقدار صغير قدر ما نشاء معطى سلفاً (δ). ويمكننا عندئذ أن نقول إن كل المقاطع تقريباً ذات الأطوال الكافية ممثله؛ أو بتعبير أكثر تفصيلاً وبدون الكلمة «ممثل»[*23] يوجد احتمال قريب من 1 قدر ما نريد لكي لا تنحرف التواترات النسبية في المقاطع المنتهية والطويلة بما فيه الكفاية في متتالية ذات طابع عشوائي α عن قيمة الاحتمال p لهذه المتتالية إلا بمقدار صغير قدر ما نريد.

وردت كلمة «احتمال» (أو «قيمة الاحتمال») مرتين في هذه الصياغة. كيف يجب تفسيرها هنا؟ يمكن ترجمتها في إطار تعريف التواتر الذي أعطيناه كما يلي:

(41) انظر حول هذا الموضوع، الهامش رقم (39)، الفقرة 60 والهامش رقم (55)، الفقرة 64 من هذا الكتاب.

(23*) وبما أنه لم يعط تعريف لمفهوم «ممثل» في الطبعة الأولى فلا تحتوي هذه الطبعة إلا على «الصياغة المفصلة».

(يستعمل في اللغتين الإنكليزية والفرنسية تعبير عينة جيدة بدلاً من ممثل (المترجم)).

[إن الأغلبية الساحقة لكل المقاطع المنتهية والطويلة بما فيه الكفاية «ممثله» وهذا يعني:] تنحرف التواترات النسبية في الأغلبية الساحقة لكل المقاطع المنتهية والطويلة بما فيه الكفاية عن القيمة الحدية للتواتر p للمتتالية المقابلة بمقدار صغير قدر ما نريد أو باختصار: «تتحقق» قيمة التواتر p تقريباً في الأغلبية الساحقة لكل المقاطع ذات الطول الكافي.

ونحن إذا أخذنا بعين الاعتبار تزايد قيمة التواتر البيرنوللي $\alpha_n H(\Delta p)$ بتزايد طول المقاطع n برتابة وبالتالي تناقصها برتابة بتناقص n، أي أن القيمة الحدية للتواتر نادراً ما «تتحقق» عندما تكون المقاطع قصيرة، يمكننا حينئذ القول:

تثبت مبرهنة بيرنوللي أن المقاطع القصيرة في المتتاليات «الحرة مطلقاً» أو ذات «الطابع العشوائي» تبدي في غالب الأحيان انحرافات كبيرة نسبياً عن p وكذلك «تأرجحات» كبيرة نسبياً؛ بينما تبدي الأغلبية الساحقة للمقاطع الكبيرة انحرافات أصغر فأصغر عن p كلما ازداد طولها بحيث تصبح أغلب الانحرافات في المقاطع الطويلة صغيرة بما فيه الكفاية قدر ما نريد أو بتعبير آخر تصبح الانحرافات الكبيرة نادرة قدر ما نريد.

وبناء عليه، إذا أخذنا مقطعاً منتهياً طويلاً جداً من متتالية ذات طابع عشوائي وأردنا معرفة التواترات في متتالياتها الجزئية سواء بالعد أو باستعمال طرق تجريبية أو إحصائية فسنحصل في الغالبية العظمى من الحالات على النتيجة التالية: يوجد [136] تواتر وسطي متميز بحيث لا تحيد التواترات النسبية في المقطع كله وفي كل المقاطع الجزئية تقريباً إلا قليلاً عن هذا التواتر الوسطي بينما تحيد التواترات النسبية للمقاطع الصغيرة كثيراً عن التواتر الوسطي وتتبعثر بعيداً حوله كلما قصر طول هذه المقاطع المختارة. سنشير باختصار إلى سلوك المقاطع المنتهية هذا، والذي يمكن التحقق منه إحصائياً، بالسلوك شبه المتقارب [أو السلوك المستقر إحصائياً][*24].

تؤكد مبرهنة بيرنوللي أن المقاطع القصيرة في المتتاليات ذات الطابع العشوائي تُظهر غالباً تأرجحات كبيرة بينما تسلك المقاطع الكبيرة دوماً سلوكاً يوحي بالثبوت أو بالتقارب. والخلاصة أننا نجد البلبلة والعشوائية في ما هو صغير والترتيب والثبوت في ما هو كبير. ويشير تعبير قانون الأعداد الكبيرة إلى هذا السلوك.

(*24) يقول كينيز عن قانون الأعداد الكبرى إن «استقرار التواترات الإحصائية» تسمية أفضل بكثير له. انظر: John Maynard Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit = A Treatise on Probability* (Leipzig: Joh. Ambr. Barth, 1926), p. 336.

62 ـ مبرهنة بيرنوللي وتفسير منطوقات الاحتمال

رأينا للتو في صياغتنا بالكلمات لمبرهنة بيرنوللي ورود كلمة «احتمال» مرتين.

لا يصعب على العامل في نظرية التواتر ترجمة هذه الكلمة في الحالتين بشكل يتفق مع تعريفه: ويمكن أن يفسر بوضوح صيغة بيرنوللي وقانون الأعداد الكبيرة. ترى هل يستطيع أنصار النظرية الذاتية، في شكلها المنطقي، فعل الشيء نفسه؟

إن نصير النظرية الذاتية الذي يريد أن يعرِّف «الاحتمال» على أنه درجة «العلم الموافق للعقل» على حق، ومتسق تماماً، حين يفسر الكلمات «يقترب احتمال . . . من 1 قدر ما نريد» على أنها تعني «من المؤكد تقريباً[42] أن . . .» ولكن يخفي صعوباته حين يتابع بكلمات كينيز «.. سيحيد التواتر النسبي عن قيمته الأكثر احتمالاً p بأقل من مقدار معطى. . .»، «ستتباعد نسبة وقوع الحدث عن النسبة الأكثر احتمالاً p بأقل من مقدار معطى. . .»[43] يستسيغ الحس السليم وقع هذا الكلام، ولكننا إذا ترجمنا كلمة «احتمال» (المحذوف أحياناً) بحسب النظرية الذاتية فسيأخذ الحديث كله المجرى التالي: «إنه لمن المؤكد تقريباً أن التواترات النسبية (!) تحيد عن القيمة p لدرجة العلم الموافق للعقل بأقل من مقدار معطى. . .» وهذا في نظرنا عديم المعنى[*25]. فالتواترات النسبية لا تقارن إلا بالتواترات النسبية وتحيد أو لا تحيد إلا بالنسبة لبعضها بعضاً. وإعطاء معنى لـ p بعد استنتاج مبرهنة بيرنوللي يختلف عن المعنى الذي كان له قبل الاستنتاج أمر مرفوض تماماً[44]. [137]

(42) يستعمل فون ميزس هذا التعبير أيضاً. ولكن يجب النظر إليه، برأيه، على أنه معرف بـ «له تواتر قريب أو مساو للواحد».

(43) المصدر نفسه، ص 279.

(*25) تستحق هذه النقطة بعض التوضيح. كتب كينيز (في مقطع سابق للذي سردناه): «وإذا كان احتمال وقوع حدث في شروط معينة هو p فإن... النسبة الأكثر احتمالاً لحالات وقوع الحدث إلى العدد الكلي للحالات هو p. . .» وهو ما يجب ترجمته وفق نظريته بالمنطوق التالي «إذا كانت درجة التوقع العقلاني لوقوع الحدث هي p فإن p هي أيضاً نسبة وقوعات، أي تواتر نسبي، ونعني به ذلك الذي يبلغ فيه التوقع العقلاني أعلى درجات الاعتقاد بظهوره». أنا لا أعترض على الاستعمال الأخير للتعبير «التوقع العقلاني» (فهو استعمال يعبر عنه أيضاً القول «من المؤكد تقريباً إن...»). ولكني أعترض على كون p تارة درجة التوقع العقلاني وتارة تواتراً. أو بكلمة أخرى لا أرى لماذا تتساوى درجة التوقع العقلاني مع تواتر تجريبي ولا أظن أنه من الممكن البرهان على هذا التساوي مهما يكن عمق المبرهنة. انظر أيضاً الفقرة 49 والملحق التاسع* من هذا الكتاب.

(44) كان فون ميزس أول من أشار إلى هذا في مناسبة مماثلة في: von Mises, *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*, p. 85.

ومن الممكن الإشارة أيضاً إلى أنه لا يمكن مقارنة التواترات النسبية مع «درجات يقين معرفتنا» لسبب =

وهكذا نرى أن النظرية الذاتية عاجزة عن تفسير صيغة بيرنوللي بلغة القانون الإحصائي للأعداد الكبيرة. ولا يمكن اشتقاق القوانين الإحصائية إلا في إطار نظرية التواتر؛ ونحن إذا انطلقنا من نظرية ذاتية بمعنى الكلمة فلن نحصل على منطوقات إحصائية، بل ولن نحصل على ذلك ولو استعملنا مبرهنة بيرنوللي «كجسر» إلى الإحصاء[*26].

63 ـ مبرهنة بيرنوللي ومشكلة التقارب

إن استنتاجنا لمبرهنة الأعداد الكبيرة الذي أعطيناه أعلاه غير مرض من وجهة نظر نظرية المعرفة، وذلك لأن الدور الذي تلعبه في تحليلنا موضوعة القيمة الحدية (التقارب) ما زال غامضاً.

لقد أدخلنا في واقع الأمر موضوعة من هذا القبيل عندما قصرنا بحثنا على متتاليات رياضية وتواترات متقاربة[45] مما يدفع إلى الاعتقاد أن النتيجة التي وصلنا [138] إليها ـ اشتقاق قانون الأعداد الكبيرة ـ هي نتيجة تافهة، ذلك أنه يمكن الظن أن كون المتتاليات الحرة مطلقاً مستقرة إحصائياً إنما هو استتباع لتقاربها المفروض موضوعاتياً أو ضمنياً.

ولكن هذا الظن خاطئ كما بيَّن فون ميزس بوضوح: فهناك متتاليات[46] تخضع لموضوعة القيمة الحدية ولكنها لا تستجيب لمبرهنة بيرنوللي بسبب وجود n- مقاطع فيها بأطوال مختلفة وبتواتر قريب من 1 تحيد عن p قدر ما نريد. (يعود وجود القيمة الحدية p في هذه الحالات إلى التقاص الواقع بين الانحرافات، رغم أن هذه الانحرافات قد تزداد بدون حدود). تبدو هذه المتتاليات وكأنها متباعدة ـ مقاطعها متباعدة ـ رغم أن متتاليات التواتر المرتبطة بها متقاربة فعلاً. وهكذا فإن

= واحد على الأقل وهو أن ترتيب درجات اليقين أمر متواضع عليه ولا يحتاج إلى ربط الدرجات بكسور تتراوح بين 0 و1. ولكننا إذا عرفنا مقياساً لدرجات اليقين الذاتية مرتبطاً بالتواترات فيمكننا في هذه الحالة وحدها السماح باشتقاق قانون الأعداد الكبيرة في إطار النظرية الذاتية. انظر الفقرة 73 من هذا الكتاب.

(*26) إلا أنه من الممكن استعمال مبرهنة بيرنوللي كجسر بين التفسير الموضوعي كقياس «للنزوع نحو التحقق» وبين الإحصاء. انظر الفقرات *49 - *57 في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(45) انظر الفقرة 57 من هذا الكتاب.

(46) يعطي فون ميزس كمثل متتالية الأرقام التي تحتل الموضع الأخير في جدول الجذور التربيعية المؤلفة من ستة أرقام. انظر مثلاً: von Mises: *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit*, pp. 86 f., and «Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung in der Statistik und Theoretischen Physik,» pp. 181 f.

قانون الأعداد الكبيرة أبعد ما يكون عن استتباع تافه لموضوعة التقارب كما أن هذه الموضوعة غير كافية لاستنتاجه. ولهذا فلا يمكن الاستغناء عن موضوعتنا بعدم الانتظام (المعدلة)، عن تطلب الحرية المطلقة.

ومع ذلك يوحي بناؤنا الجديد للنظرية بإمكانية استقلال قانون الأعداد الكبيرة عن موضوعة القيمة الحدية. ذلك أننا رأينا أن مبرهنة بيرنوللي تنتج حسابياً مباشرة عن صيغة نيوتن. وقد برهنا إضافة إلى ذلك أن صيغة نيوتن الأولى تشتق من أجل المتتاليات المنتهية ولا تحتاج بالتالي إلى أي موضوعة تقارب. وكل ما كان علينا افتراضه هو أن المتتالية المرجعية α هي n-1 حرة على الأقل. وهو فرض تنتج منه صحة مبرهنة الضرب الخاصة متبوعة بصيغة نيوتن الأولى. بقي علينا للانتقال نحو النهاية وللحصول على مبرهنة بيرنوللي أن نفرض أن باستطاعتنا جعل n تكبر قدر ما نريد. وهذا ما يرينا أن مبرهنة بيرنوللي تبقى محققة، على وجه التقريب، من أجل المتتاليات المنتهية أيضاً شريطة أن تكون هذه المتتاليات n- حرة وn كبيرة بما فيه الكفاية.

وهكذا يبدو أن استنتاج مبرهنة بيرنوللي لا يتوقف على موضوعة تسلم بوجود قيمة حدية للتواتر وإنما على الحرية المطلقة فقط. ولا يلعب مفهوم القيمة الحدية إلا دوراً ثانوياً، نستعمله كأداة لنقل مفهوم التواتر النسبي، المعرّف قبل كل شيء من أجل الصفوف المنتهية وحدها، والذي لا يمكن بدونه صياغة مفهوم الـ n-حرية، إلى المتتاليات التي تتتابع إلى ما لا نهاية.

[139] ثم إنه من الواجب التذكر أن بيرنوللي نفسه استنتج مبرهنته من مبرهنة الضرب الخاصة في إطار النظرية التقليدية، التي لا تحتوي على موضوعة القيمة الحدية. وأن نتذكر أيضاً أن تعريف الاحتمال كقيمة حدية للتواترات هو مجرد تفسير، إلى جانب تفسيرات أخرى للهيكل التقليدي.

وسنحاول الآن تبرير افتراضنا باستقلال مبرهنة بيرنوللي عن موضوعة القيمة الحدية باستنتاج هذه المبرهنة بدون افتراض أي شيء عدا الـ n-حرية عن الفعل اللاحق (المعرفة على نحو مناسب)(*27). كما سنحاول إثبات المبرهنة حتى في حالة المتتاليات الرياضية التي لا تمتلك العلامات الأولية فيها أي قيمة حدية للتواتر.

(*27) لا أزال أعتبر شكوكي القديمة حول قبول موضوعة قيمة حدية وإمكانية الاستغناء عنها مبررة كلياً: فهي مبررة بالشروح المعطاة في الملحق الرابع، الهامش رقم (*2) وفي الملحق السادس* من هذا الكتاب. حيث نثبت أن التقارب ينتج عن الزهرية (المعرفة بواسطة «أقصر المتتاليات ذات الطابع =

وإذا ما نجحت هذه المحاولات فسيمكننا عندئذ اعتبار استنتاجنا لقانون الأعداد الكبيرة مرضياً من وجهة نظر إبستمولوجية. فهناك «واقع تجربي» أن للمتاليات ذات الطابع العشوائي التجربية سلوكاً خاصاً وصفناه بشبه التقارب أو بالاستقرار الإحصائي[47]. يمكن بالتسجيل الإحصائي لسلوك المقاطع الطويلة التثبت من اقتراب التواترات النسبية أكثر فأكثر من قيمة ثابتة ومن تناقص مماثل لساحات تأرجحها. هذا «الواقع التجربي» الذي طالما نوقش وحلل وطالما نظر إليه كتحقق تجربي لقانون الأعداد الكبيرة يحتمل النظر إليه من زوايا مختلفة. فالنظريون ذوو الاتجاه الاستقرائي يرون فيه في غالب الأحيان قانوناً أساسياً من قوانين الطبيعة يستحيل إرجاعه إلى أي قضية أبسط منه، خاصيةً للعالم الذي نعيش فيه لا يسعنا إلا قبولها. ويعتقدون أنه إذا ما عبر عن هذا القانون الطبيعي بشكل مناسب ـ على شكل موضوعة القيمة الحدية مثلاً ـ فيجب وضعه على قمة نظرية الاحتمال لتأخذ بذلك طابع أحد العلوم الطبيعية.

أما نحن فنظرتنا إلى ما يسمى «بالواقع التجربي» مختلفة ونميل إلى الاعتقاد أنه من الممكن إرجاعه إلى الطابع العشوائي للمتتاليات أي أنه من الممكن اشتقاقه من تمتع هذه المتتاليات بالحرية من الفعل اللاحق. ونرى أن الإنجاز الكبير الذي حققه بيرنوللي وبواسون في مجال الاحتمالات هو تحديداً اكتشافهما لطريقة تثبت أن هذا «الواقع التجربي» المزعوم هو تحصيل حاصل وأن شكلاً ما من النظام أو من الاستقرار في الأعداد الكبيرة ينتج منطقياً من البلبلة في الأعداد الصغيرة (على أن يخضع إلى شرط الحرية من الفعل اللاحق المصوغ بشكل ملائم). [140]

وإذا نجحنا في استنتاج مبرهنة بيرنوللي من دون فرض موضوعة قيمة حدية، فسنكون قد أرجعنا مشكلة قانون الأعداد الكبيرة الإبستمولوجية إلى مشكلة استقلال موضوعاتي (أي إلى مسألة منطقية بحتة). وسيوضح لنا استنتاج المبرهنة سبب نجاح موضوعة القيمة الحدية في التطبيقات العملية (في محاولات حساب السلوك التقريبي للمتتاليات التجربية). لأنه وإن كان الاقتصار على المتتاليات المتقاربة غير ضروري

= العشوائي») ولم يعد بالتالي ضرورياً التسليم بها بشكل مستقل. ومن جهة أخرى فإن ما يبرر إيماءتي إلى النظرية التقليدية هو تطور النظرية التقليدية الحديثة (المبنية على نظرية القياس) للاحتمالات، الذي نناقشه في الفصل الثالث* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery,* ما يبررها في واقع الأمر هو «الأعداد النظامية» لبوريل (Borel). لم أعد على اتفاق مع ما جاء في الجملة التالية من المتن وحدها التي تحتوي على «في حالة المتتاليات الرياضية...» ولكن هذا لا ينطبق على مقاطع هذه الفقرة الأخرى.

(47) انظر الفقرة 61 من هذا الكتاب.

فمن المجدي استخدام متتاليات رياضية متقاربة لحساب السلوك التقريبي للمتتاليات التجريبية، وهي المتتاليات التي يجب أن تسلك سلوكاً شبه متقارب لأسباب منطقية.

64 ـ التخلص من موضوعة القيمة الحدية. حل الإشكالية الأساسية في نظرية الزهر

لم نعط قيم التواتر الحدية في إعادتنا لبناء نظرية الاحتمالات حتى الآن سوى وظيفة واحدة وهي تزويدنا بمفهوم لا لبس فيه للتواتر النسبي يمكننا بالاستعانة به تعريف مفهوم الحرية المطلقة (من الفعل اللاحق). لأننا نتطلب من التواتر النسبي أن يكون عديم التحسس للانتقاء بحسب السوابق.

لقد حصرنا بحثنا سابقاً في المتناوبات ذات التواترات المتناهية، وأدخلنا على هذا النحو ضمنياً موضوعة القيمة الحدية. أما الآن ونحن نريد تحرير أنفسنا من هذه الموضوعة فسنرفع هذا الحصر ولن نستبدله بأي حصر آخر. هذا يعني أننا سننشئ مفهوم تواتر يتولى الوظيفة المنوطة بالقيمة الحدية للتواتر المتخلى عنها ويطبق دون استثناء على كل المتتاليات المرجعية اللامنتهية[28*].

إن أحد مفاهيم التواتر المستوفية لهذه الشروط هو مفهوم نقطة تراكم لمتتالية التواترات النسبية. (نقول عن قيمة ما "ν" إنها نقطة تراكم متتالية إذا وجدت حدود في المتتالية ـ بعد أي حد ما منها ـ لا يتجاوز الفرق بين قيمتها وهذه القيمة "ν" مقداراً صغيراً قدر ما نريد ومعطى مسبقاً). وهذا المفهوم يطبق على كل المتتاليات المرجعية اللامتناهية من دون أي تقييد. لأننا إذا نظرنا إلى المتناوبات فإن لكل متتالية تواترات نسبية تنشأ عنها نقطة تراكم على الأقل، فالتواترات النسبية لا تزيد عن الواحد أبداً، ولا تنقص عن الصفر أبداً، وهكذا فلمتتالية التواتر حد أعلى وحد أدنى. يلزم إذاً أن يكون لهذه المتتالية اللامنتهية والمحددة نقطة تراكم على الأقل بحسب مبرهنة بولزانو وفايرشتراس (Weierstrass) الشهيرة[48]. [141]

سنسمي اختصاراً كل نقطة تراكم لمتتالية تواترات نسبية ناشئة عن متناوبة α تواتراً وسطياً لـ α، بحيث يصح القول: إذا كان لمتتالية α تواتر وسطي واحد لا غير فإنه القيمة الحدية للتواتر في نفس الوقت؛ وعلى العكس: إذا لم يكن

(28*) سأستعين في المقطع القادم بما يمكن البرهان عليه، وجود نقطة تراكم وذلك لتجنب التسليم بالتقارب. ولكن هذا كله سيصبح عديم الفائدة عندما تطبق الطريقة المعروضة في الهامش رقم (11*)، الفقرة 57 وفي الملحق السادس* من هذا الكتاب.

(48) الغريب أن هذا الواقع الحل لم يستعمل حتى الآن في نظرية الاحتمال.

هناك أية قيمة حدية للتواتر فعندئذ سيكون هناك أكثر من تواتر وسطي واحد[49].

يناسبنا مفهوم التواتر الوسطي كثيراً لتحقيق أغراضنا: يمكننا الآن أن نقدر (فرضاً) أن p هي التواتر الوسطي لـ α كما كنا قدرنا أن p هي القيمة الحدية للتواتر. ويمكننا شريطة أخذ بعض الاحتياطات[50] القيام بالحسابات بالاستعانة بهذه التواترات الوسطية المقدرة تماماً كما فعلنا مع القيم الحدية للتواترات. أضف إلى ذلك أنه يمكن تطبيق مفهوم التواتر الوسطي على كل المتتاليات المرجعية بدون أي تقييد.

تبقى أغلب صيغنا قابلة للاشتقاق عندما نحاول تفسير الرمز $_{\alpha}H'(\beta)$ لا كقيمة حدية للتواتر وإنما كتواتر وسطي، وعندما نغير تعريفنا للاحتمال الموضوعي[51] بما يتناسب مع هذا التفسير. ولا تعترضنا إلا صعوبة واحدة وهي أن التواترات الوسطية ليست أحدية، فعندما نقدر افتراضاً أن التواتر الوسطي $_{\alpha}H'(\beta)$ يساوي p فمن الممكن أن نجد قيماً أخرى $_{\alpha}H'(\beta)$ غير p. وإذا سلمنا باستحالة ذلك فإننا سندخل موضوعة القيمة الحدية. وإذا لم نسلم بالأحدية فسيصبح مفهوم الاحتمال الموضوعي المعرف كقيمة تواتر وسطي[52] حرة من الفعل اللاحق غامضاً وغير أحدي؛ إذ يمكن أن يكون لمتتالية ما في [142] بعض الظروف وفي آن واحد عدة تواترات وسطية مطلقة الحرية[53]. ونحن معتادون على الحساب مع احتمالات أحدية أي أننا نفرض أنه لا يمكن أن يقابل نفس العلامة الواحدة في نفس المتتالية المرجعية الواحدة إلا قيمة احتمال واحدة p وواحدة فقط.

---

(49) يمكن البرهان بسهولة على أنه في حال وجود أكثر من تواتر وسطي واحد في متتالية مرجعية فستشكل قيم التواترات الوسطية مُتَّصَلاً.

(50) يجب إعادة تفسير مفهوم الانتقاء المستقل على نحو أكثر تحديداً من السابق وإلا فلن نستطيع البرهان على مبرهنة الضرب الخاصة؛ انظر التفاصيل في أعمالي المشار إليها في الهامش رقم (14)، الفقرة 51 من هذا الكتاب. * هذه الأعمال مراجعة الآن في الملحق السادس* من هذا الكتاب.

(51) انظر الفقرة 59 من هذا الكتاب.

(52) يمكننا فعل ذلك، لأنه يجب أن تكون النظرية المطبقة على الصفوف المنتهية (ما عدا قضايا الأحدية) قابلة للنقل مباشرة لتطبيقها على التواترات الوسطية: إذا فرضنا أن للمتتالية α تواتر وسطي p فإنها تحتوي لزوماً (أياً كان الحد الذي بدأنا العد به) على مقاطع منتهية طويلة بقدر ما نريد يحيد تواترها عن p بمقدار صغير قدر ما نشاء؛ يمكن إنجاز الحسابات على هذه المقاطع. وكون p «حراً من الفعل اللاحق» يعني أن هذا التواتر الوسطي لـ α هو تواتر وسطي لكل انتقاء حسب السوابق من α.

(53) انظر الملحق الرابع من هذا الكتاب، النقطة (C).

إلا أنه من السهل التغلب على صعوبة تعريف مفهوم احتمال أحدي دون موضوعة القيمة الحدية: ندخل تطلب الأحدية (وبشكل طبيعي بكل معنى الكلمة) كخطوة أخيرة بعد أن نكون قد تطلبنا حرية الفعل اللاحق للتواتر الوسطي. وهكذا تأخذ تعاريفنا المعدلة للمتتاليات ذات الطابع العشوائي وللاحتمال الموضوعي الصورة التالية:

ليكن لدينا لمتناوبة α (سواء كان لها تواتر وسطي واحد أو عدة تواترات وسطية) تواتر وسطي واحد وواحد فقط حر من الفعل اللاحق p [التواتر الوسطي للآحاد]. نقول عن المتتالية α إنها ذات طابع عشوائي وعن p إنه احتمال الآحاد.

ولعله من المفيد تقسيم هذا التعريف (الفقرة 66) إلى متطلبين موضوعاتيين[*29].

(1) تطلب عدم الانتظام: لكل متناوبة ذات طابع عشوائي تواتر وسطي حر من الفعل اللاحق هو احتمالها الموضوعي p.

(2) تطلب الأحدية: يقابل نفس العلامة الواحدة في نفس المتتالية المرجعية الواحدة ذات الطابع العشوائي احتمال واحد وواحد فقط p.

يضمن لنا المثل الذي أنشأناه سابقاً اتساق النظمة الموضوعاتية الجديدة. لأنه من الممكن إنشاء متتاليات لا تملك أي قيمة حدية للتواتر مع أن لها احتمالاً واحداً وواحداً فقط[54]. وهذا ما يثبت أن النظمة الموضوعاتية الجديدة أوسع في حقيقة الأمر من القديمة، وهذا ما نراه أيضاً إذا ما وضعنا النظمة القديمة على الشكل التالي:

(1) تطلب عدم الانتظام: كما أعلاه.

(2) تطلب الأحديـة: كما أعلاه.

(29*) يمكن التوفيق بين الطريقة الموصوفة في الهامش رقم (11*)، الفقرة 57 وفي الملحقين الرابع والسادس* من هذا الكتاب وبين هذين المتطلبين بأن نبقي المتطلب (1) على ما هو عليه وأن نبدل المتطلب (2) بالمتطلب التالي:

(2^+) تطلب التناهي: يجب أن تصبح المتتالية منذ البداية وبأسرع ما يمكن n - حرة، ومن أجل أكبر الأعداد n الممكنة، أو بكلمات أخرى: يجب أن تكون متتالية ذات طابع عشوائي أقصر ما يمكن.

(54) انظر الملحق الرابع من هذا الكتاب، النقطة (b).

(2′) موضوعة القيمة الحدية: لا يوجد من أجل نفس العلامة الواحدة في نفس المتناوبة ذات الطابع العشوائي أي تواتر وسطي ما عدا احتمالها p.

[143] يمكننا اشتقاق مبرهنة بيرنوللي ومعها كل هيكل حساب الاحتمالات التقليدية من النظمة الموضوعاتية المقترحة. وبهذا نكون قد وصلنا إلى حل مشكلنا: يمكن استنتاج قانون الأعداد الكبيرة في إطار نظرية التواتر من دون حاجة إلى موضوعة القيمة الحدية. وإضافة إلى ذلك: تبقى الصيغة (1) في الفقرة 61 والتعبير بالكلام عن مبرهنة بيرنوللي من دون تغيير[55]، ليس هذا وحسب وإنما يبقى التفسير الذي أعطيناه لها من دون تغيير أيضاً: سيبقى صحيحاً، في متتالية ذات طابع عشوائي من دون قيمة حدية للتواتر، «أن الغالبية الساحقة» من المتتاليات الطويلة بما فيه الكفاية تحيد بمقادير صغيرة عن p. لا بد طبعاً أن نجد في هذه المتتاليات (كما هو عليه الحال في المتتاليات ذات الطابع العشوائي والتي لها قيمة حدية للتواتر) مقاطع طويلة حسبما نريد يطبعها سلوك متباعد، أي مقاطع تحيد بقوة وقدر ما نشاء عن p. ولكن هذه المقاطع نادرة نسبياً لأنه يجب أن توازن الأجزاء الطويلة جداً من المتتالية التي تسلك كل المقاطع فيها (أو أغلبيتها الساحقة) سلوكاً ذا طابع متقارب. وكما تبيّن الحسابات يجب أن تكون هذه الأجزاء أطول، بعدد كبير من الرتب، من المقاطع المتباعدة التي تتقاص معها[30*].

ونرى هنا أن الوقت قد حان لحل مشكلة نظرية الزهر[56]: فاستنباط صلاحية حساب الاحتمالات من استحالة التنبؤ بالأحداث الفردية ومن «عدم انتظام سلوكها» [الذي يبدو مفارقاً للوهلة الأولى] استنباط صحيح: شريطة إدراك (أو تقريب) ما يميز «عدم الانتظام» عبر التقويم الافتراضي القاضي بوجود تواتر وسطي واحد وواحد فقط، من بين كل قيم التواترات المتكررة والمتقاربة، وبوجوده في كل الانتقاءات بحسب السوابق. [أي أنه ليس للسوابق أي فعل لاحق]. إذ يمكن حينئذ البرهان على أن قانون الأعداد الكبيرة إنما هو تحصيل حاصل. وكذلك فإن استنباط إمكانية وجود نوع ما من الانتظام، نوع ما من الثبوت في الأجزاء الطويلة من المتتالية، أقول استنباط هذا من عدم انتظام المتتالية حيث «يمكن لكل شيء أن

---

(55) تبقى شبه صيغ بيرنوللي (الرمز H') من أجل متتاليات ذات طابع عشوائي (بحسب تعريفها الجديد) أحدية مع أن H' يرمز الآن إلى التواتر الوسطي.

(30*) لا أزال أرى أن كل ما يتبع في النص صحيح سوى أن الرجوع إلى التواترات الوسطية يصبح إطناباً إذا ما طبقنا الطريقة المعطاة في الهامش رقم (11*)، الفقرة 57 وفي الملحق الرابع من هذا الكتاب.

(56) انظر الفقرة 49 من هذا الكتاب.

يحدث» أحياناً وأن تحدث بعض الأشياء فيما ندر ليس استنباطاً متناقضاً كما يُدَّعى[57] أحياناً وإنما صحيحاً كلياً. كما أنه ليس تافهاً فنحن نحتاج للوصول إليه إلى [144] عدة رياضية معينة (مبرهنة بولزانو ـ فايرشتراس، مفهوم الـ n-حرية ومبرهنة بيرنوللي). تزول المفارقات الظاهرية لهذه الاستنباطات: قابلية تطبيق التنبؤ من عدم قابلية التنبؤ («المعرفة» من «عدم المعرفة») عندما نضع فرض عدم الانتظام على شكل فرضية تواتر («حرية من الفعل اللاحق») وهذا ما يمكننا فعله وما يجب علينا فعله عندما نريد إثبات صحة هذه الاستنباطات.

ويتضح لنا هنا سبب فشل النظريات السابقة في الحكم على الإشكالية الأساسية. تستطيع النظرية الذاتية حقاً استنتاج صيغة بيرنوللي ولكنها لم تستطع إطلاقاً تفسيرها كمنطوق تواتر أو تفسيرها باستوحاء قانون الأعداد الكبيرة[58]: لم تشرح أسباب النجاح الإحصائي لتنبؤات الاحتمال. ولكن نظرية التواتر السائدة حتى الآن تسلم بوجود انتظام في الأعداد الكبيرة بفضل موضوعة القيمة الحدية ولذا فهي لا تستطيع استنباط الثبوت في الأعداد الكبيرة من البلبلة في الأعداد الصغيرة وكل ما يمكن أن تفعله هو أن تستنبط من الثبوت في الأعداد الكبيرة (موضوعة القيمة الحدية) مرتبطاً بالبلبلة في الأعداد الصغيرة (موضوعة عدم الانتظام) شكلاً خاصاً من الثبوت في الأعداد الكبيرة (مبرهنة بيرنوللي وقانون الأعداد الكبيرة)[*31].

ونريد الآن ختم[59] بحثنا في أسس حساب الاحتمالات بالقول إن موضوعة

---

(57) انظر: Feigl, «Wahrscheinlichkeit und Erfahrung,» p. 254:

«حاول البعض في قانون الأعداد الكبيرة التوفيق بين زعمين متناقضين عندما نحللهما بدقة أكبر: فمن جهة يجب... أن يكون كل ترتيب وكل توزيع قابلاً للحدوث مرة. ومن جهة أخرى يجب أن يقع ذلك بتواتر مقابل لكل حدوث». (لقد بينا في إنشاء متتاليات نموذجية عدم وجود أي تناقض). انظر الملحق الرابع من هذا الكتاب.

(58) انظر الفقرة 62 من هذا الكتاب.

(31*) يوطد ما قيل في هذا المقطع مدلول نظرية تقليدية مجددة ومفسرة موضوعياً لحل «الإشكالية الأساسية». نصف نظرية من هذا القبيل في الفصل الثالث* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(59) انظر الهامش رقم (14)، الفقرة 51 من هذا الكتاب. نريد أن نؤكد هنا ناظرين إلى ما فات أننا اتخذنا موقفاً محافظاً من نقاط فون ميزس الأربعة، انظر آخر الفقرة 50، فنحن أيضاً نعرف الاحتمال بالرجوع إلى المتتاليات ذات الطابع العشوائي فقط (التي يسميها فون ميزس «جمعي») ونحن أيضاً نسلم بموضوعة عدم انتظام (معدلة) ونتبع فون ميزس بدون تردد عندما نحدد مهمات حساب الاحتمالات. ولا نفترق عنه إلا في موضوع موضوعة القيمة الحدية التي نعتبرها دون طائل والتي استبدلناها بتطلب الأحدية وفيما يتعلق بموضوعة عدم الانتظام التي عدلناها بشكل يسمح بإنشاء متتاليات نموذجية (الملحق الرابع). ونكون بهذا قد وضعنا حداً لاعتراضات كامكه. انظر الهامش رقم (31)، الفقرة 58 من هذا الكتاب.

القيمة الحدية فائضة في تأسيس حساب الاحتمالات، والعودة إلى النظر في أمور أخرى في نظرية المعرفة وعلى الخصوص في مشكلة البتية.

65 ـ مشكلة البتية

مهما يكن تعريفنا لمفهوم الاحتمال ومهما تكن الموضوعاتية التي نختارها، فما دمنا نستطيع اشتقاق صيغة نيوتن ضمن النظمة فإن منطوقات الاحتمال غير قابلة للتفنيد؛ ففرضيات الاحتمال لا تنفي أي شيء رصود وقضايا الاحتمال لا تناقض منطقياً أي قضية قاعدية ولا يمكن نقضها بواسطة أي مجموعة منتهية من هذه [145] القضايا المترافقة بعضها مع بعض وبالتالي بواسطة أي متتالية منتهية من الأرصاد.

لتكن لدينا متناوبة α ولنفرض أننا قدرنا تساوي التوزيع للعلامتين $_{\alpha}H(1) = _{\alpha}H(0) = \frac{1}{2}$ ولنفرض أن العلامة 1 هي التي تظهر من دون استثناء فمما لا شك فيه أننا سنعتبر أن تقديرنا قد «فند» عملياً وسنتخلى عنه. إلا أنه لا يمكن الحديث هنا عن تفنيد بالمعنى المنطقي، لأننا لا نرصد إلا عدداً منتهياً من الرميات، ولأن صيغة نيوتن تقول إن التأرجحات الكبيرة للاحتمال في الرميات العديدة جداً ضعيفة قدر ما نريد إلا أنها لا تساوي الصفر. ولذلك فإن وقوع هذه التأرجحات النادرة لا يناقض تقديرنا بأي حال. إنها على العكس متوقعة، وكل ما علينا فعله انطلاقاً من هذا التقدير هو زيادة عدد الرميات. وهكذا يخيب الأمل في تفنيد التقدير للاحتمال باستعمال الندرة المحسوبة لوقوع التأرجحات من أجل مقطع ما من الرميات، لأنه وإن حصلت التأرجحات القوية «وتكررت» على مقاطع أطول فأطول فالنتيجة مقطع أطول من غيره تقع فيه تأرجحات قوية وتصح عليه حجتنا السابقة بزيادة عدد الرميات: أي أنه لا توجد أي متتالية أحداث للماصدق محددة، أي مجموعة من القضايا القاعدية عددها n نستطيع بواسطتها تفنيد مقولات الاحتمال.

ولا يمكن معارضة التقديرات الاحتمالية إلا بمتتالية أحداث لامتناهية قصدية عرفت وفق قاعدة ما. ولهذا يمكننا القول بالمعنى الذي أعطيناه في الفقرة 38 (وكذلك في الفقرة 43) إن فرضيات الاحتمال لا تفنَّد لأنها لامتناهية الأبعاد (لامتناهٍ عدود) ولذلك يقتضي تمييزها بالقول إنها «غير ناطقة تجريبياً» أو إنها «خالية من المحتوى التجريبي»[60].

---

(60) ولكنها ليست خالية من «المحتوى المنطقي»، انظر الفقرة 35 من هذا الكتاب: ليس كل تقدير للتواتر تحصيل حاصل من أجل كل متتالية.

يقف النجاح التنبئي الكبير الذي حققته الفيزياء بفضل التقديرات الاحتمالية الافتراضية ضد هذا التفسير ـ كما وقف ضد التفسير الذاتي الذي يرى في منطوقات الاحتمال تحصيل حاصل. ومما لا شك فيه أن التقديرات الاحتمالية الافتراضية خليقة بالاحترام العلمي في كثير من الحالات الذي يضعها على قدم المساواة مع غيرها من الفرضيات الفيزيائية (ذات الطابع «الحتمي»). ويحق للفيزيائي في أغلب الأحيان أن يقرر ما إذا كانت فرضية الاحتمال قد حققت تجريبياً أو إذا كانت غير صالحة لاستنتاج التنبؤات، «إذا كانت عملياً مفندة»، وبالتالي أن يرفضها. وواضح أن هذا «التفنيد العملي» يطرأ عندما نحكم منهجياً على سيرورات ضعيفة الاحتمال جداً بأنها «ممنوعة» ولكن بأي حق؟ وأين نرسم الحدود التي يبدأ «عدم الاحتمال» منها؟ [146]

وبما أن المنطوقات الاحتمالية، وبدون أدنى شك، غير قابلة للتفنيد المنطقي، فما من شك أيضاً أن قابليتها للتطبيق العملي العلمي تزعزع تفسيرنا الإبستمولوجي (معيار الحد الفاصل) بقوة. ومع ذلك فسنحاول الإجابة عن السؤال الذي أثرناه ـ «مشكلة البتية» ـ مباشرة بالتطبيق الملتزم للأفكار التي يقوم عليها هذا التفسير. ولذا وجب علينا في البداية تحليل الشكل المنطقي لمنطوقات الاحتمال آخذين بعين الاعتبار العلاقات المنطقية لهذه المنطوقات بعضها ببعض وعلى وجه الخصوص علاقاتها المنطقية بالقضايا القاعدية[32*].

66 ـ الشكل المنطقي لمنطوقات الاحتمال

لا يمكن تفنيد التقويمات الاحتمالية كما لا يمكن التحقق منها بطبيعة الحال وذلك لنفس الأسباب التي تنطبق على كل التقويمات الافتراضية: مهما بلغ عدد

(32*) أعتقد أن إلحاحي على لا دحوضية فرضيات الاحتمال ـ المصوغ بشكل قاطع في الفقرة 67 من هذا الكتاب ـ كان مبرراً: فقد وضع على بساط البحث مشكلة لم تناقش من قبل (فقد كان الناس يوجهون اهتمامهم نحو قابلية التحقق بصورة عامة بدلاً من قابلية التفنيد، ومن جهة ثانية فإن منطوقات الاحتمال قابلة التحقق أو «قابلة التعزيز» بشكل ما غير الوضع كلياً، كما سنرى في الفقرة المقبلة). ولكن الإصلاح الذي اقترحته في الهامش رقم (11*)، الفقرة 57 من هذا الكتاب، غيّر الوضع كلياً، انظر أيضاً الهامش رقم (29*)، الفقرة 64 من هذا الكتاب. فبالإضافة إلى مزاياه الأخرى، يقود هذا الإصلاح إلى قبول قاعدة منهجية، كتلك المقترحة في الفقرة 68 أسفله، تجعل الفرضيات الاحتمالية قابلة للتفنيد، وهكذا تتحول مشكلة البتية إلى المشكلة التالية: بما أن المتتاليات التجريبية تتقرب من أقصر المتتاليات ذات الطابع العشوائي فما هو التقريب الذي يمكن أن نعتبره مقبولاً وما هو التقريب غير المقبول؟ الجواب عن ذلك هو أن التقريب درجات طبعاً وأن تحديد درجات التقريب هو أحد المشاكل الأساسية في الرياضيات الإحصائية وفي نظرية التعزيز. انظر أيضاً الملحق التاسع* من هذا الكتاب وخاصة مذكرتي الثالثة والإضافة لعام 1975 ص 474.

الأحداث ومهما بلغت مواتاتها فلن نستطيع الجزم أن التواتر النسبي للوجه في رمي قطعة النقود هو $\frac{1}{2}$.

وهكذا لا يمكننا وضع منطوقات الاحتمال في حالة تناقض مع القضايا القاعدية أو وضع إحداهما كنتيجة تابعة للأخرى، ولكننا لا نستطيع أن نستخلص من ذلك أنه لا يمكن ربطها بأي علاقة منطقية. إلا أنه من الخطأ الظن أن تحليل هذه العلاقات المنطقية ـ يمكن أن تتطابق متتالية أرصـاد مع قضية تواتر تطابقاً تختلف جودته ـ يحتاج إلى «منطق احتمالات»[61] يكسر طوق المنطق «التقليدي». [147] بل على العكس يبدو أن تحليل هذه العلاقات ممكن تماماً في إطار المنطق التقليدي وعلاقاته كالاستتباع والتناقض[*33].

يمكن أن نستنتج من عدم قابلية المنطوقات الاحتمالية للتفنيد وعدم قابليتها للتحقق أنه ليس لها استتباعات قابلة للتفنيد وأنها ليست هي نفسها استتباعات لقضايا قابلة التحقق. ولكن هذا لا يعني الإمكانات المعاكسة إذ يمكن أ) أن يكون للمنطوقات الاحتمالية استتباعات قابلة التحقق وحيدة الجانب («توجد استتباعات») أو ب) أن تكون هي نفسها استتباعات لقضايا كلية قابلة للتفنيد وحيدة الجانب.

تكاد الإمكانية ب) لا تفيد شيئاً في إلقاء الضوء على العلاقة المنطقية مع القضايا القاعدية إذ من الواضح أنه يمكن لقضية غير قابلة للتفنيد (أو التي لا تنبئ إلا بالقليل) أن تنتمي إلى مجموعة استتباعات قضية قابلة للتفنيد (التي تقول الكثير).

أما أ) فهي على قدر كبير من الأهمية وأبعد ما تكون عن التفاهة، وهي أساسية في واقع الأمر للكشف عن العلاقات بين المنطوقات الاحتمالية والقضايا القاعدية؛ فكل منطوق احتمال يحتوي ضمنياً وفي اتجاه واحد على صف لامنته من قضايا يوجد (وهو يدل على أكثر بكثير من أي جملة وجودية). ليكن لدينا من أجل متناوبة ما قيمة الاحتمال $p\ (0 \neq p \neq 1)$ المقدرة فرضياً. يمكننا أن نشتق من هذا التقدير استتباع يوجد بأن نقول يوجد في هذه المتتالية واحدات وأصفار (واستتباعات يوجد أخرى أقل بساطة من هذا الاستتباع كالقول توجد مقاطع تحيد عن p قليلاً الخ.).

---

(61) انظر الفقرة 80 من هذا الكتاب وخاصة الهامشين رقمي (4) و(10).

(*33) رغم أني على اتفاق تام مع ما قيل هنا فإني أعتقد الآن أن المفاهيم الاحتمالية مثل «قابل للاستنتاج تقريباً» أو «متناقض تقريباً» مفيدة جداً فيما يتعلق بمشكلنا. انظر الملحق التاسع* من هذا الكتاب وكذا الفصل الثالث* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

يمكننا اشتقاق أشياء كثيرة أخرى من هذا التقدير من نوع يتكرر على الدوام مثلاً: يوجد بعد أي حد من المتتالية رقمه x حد y علامته «1» وحد z علامته «0» الخ. فقضية من النوع («يوجد من أجل كل x حد y ذو العلامة β القابلة للرصد أو التحقق بالماصدق») ليست قابلة للتفنيد ـ لأنها غير مستتبعة بقضايا قابلة للتفنيد ـ وليست قابلة للتحقق ـ بسبب «يتكرر على الدوام» الافتراضية أو [148] «كل»[(*34)]؛ ومع ذلك فقد تختلف جودة التعزيز بحسب تمكننا من امتحان عدد كبير أو قليل، أو عدم تمكننا من امتحان أي استتباع وجودي. وهكذا تقوم بين القضية المذكورة والقضايا القاعدية علاقة مميزة لمنطوقات الاحتمال. نسمي القضايا التي هي على شاكلة القضية المذكورة أعلاه «القضايا الوجودية العامة» أو افتراضات الوجود.

ودعوانا هي أنه يمكن إعادة العلاقات بين التقويمات الاحتمالية والقضايا القاعدية، وإمكانية تعزيزها بجودة متفاوتة إلى الموقف التالي: إن افتراضات الوجود، من بين كل التقويمات الاحتمالية، قابلة للاشتقاق. وهذا الموقف قريب من السؤال عما إذا كانت كل التقويمات الاحتمالية على شكل افتراضات الوجود.

يفرض كل تقويم احتمالي (افتراضي) ضمنياً أن المتتالية (التجربية) المعنية ذات طابع عشوائي (تقريباً) أي أنه يقبل ضمنياً موضوعات حساب الاحتمالات [قابلية تطبيقها، وحقيقتها التقريبية]. ولذا فسؤالنا مكافئ للسؤال عما إذا كانت هذه

(*34) لا أريد بطبيعة الحال أن أقول إن كل قضية من الشكل «يوجد من أجل كل x، y بالعلامة القابلة للرصد β» غير قابلة للتفنيد وبالتالي غير قابلة للاختبار. وواضح أن الجملة «بعد كل رمية لقطعة النقود تنتج 1 تأتي مباشرة رمية تنتج 0» قابلة للتفنيد، ليس هذا وحسب وإنما مفندة أيضاً. لا تتأتى عدم قابلية التفنيد ببساطة من الشكل «من أجل كل x يوجد y بحيث كذا...» وإنما من كون كلمة «يوجد» غير مقيدة، من كون مجيء y ممكن التأجيل بدون حدود: ومن وجهة النظر الاحتمالية يمكن لـ y أن يطرأ متأخراً جداً كما يشاء. يمكن للعنصر «0» أن يحدث فوراً أو بعد ألف رمية أو بعد أي عدد نريده من الرميات. وإلى هذا تعود عدم قابلية التفنيد. أما إذا حددنا المسافة بين مكان حدوث y ومكان حدوث x عندئذٍ تصبح الجملة «من أجل كل x يوجد y بحيث كذا...» قابلة للتفنيد.

لقد ولد عدم توخي الحذر في صياغتي للنص (التي افترضت الفقرة 15 من هذا الكتاب من دون أن تشير إليها صراحة) الاعتقاد في بعض الأوساط وبشكل مدهش أن كل القضايا على نحو «من أجل كل x يوجد y بحيث كذا...» أو أغلب القضايا التي تأخذ هذا الشكل (بغض النظر عن معناها) غير قابلة للتفنيد؛ وكثيراً ما استعمل هذا الادعاء لنقد معيار قابلية التفنيد. انظر على سبيل المثال:
C. G. Hempel, «Studies in the Logic of Confirmation,» *Mind*, vol. 54 (1945), pp. 119 f.

سنعالج بالتفصيل الإشكالية بمجملها لهذه القضايا (التي يسميها واتكينس J. W. N. Watkins «منطوقات كل وبعض») في: Popper, Ibid.

انظر بشكل خاص الفقرة 24* وما يليها في: المصدر المذكور.

الموضوعات افتراضات وجود. فإذا تفحصنا متطلبينا المقترحين في الفقرة 64 لوجدنا أن موضوعة عدم الانتظام تأخذ منطقياً شكل فرضية يوجد[62]. وأن تطلب الأحدية، على العكس من سابقه، لا يأخذ هذا الشكل. ذلك أن قضية من شكل «يوجد واحد فقط. . .» هي قضية كلية («لا توجد كثرة. . .» أو «كلها... متطابقة»).

وهكذا فبحسب دعوانا لا تنتج علاقة منطقية بالقضايا القاعدية إلا من «الجزء يوجد» أي من تطلب عدم الانتظام. وعليه فليس لتطلب الأحدية، القضية الكلية، أي استتباعات ماصدقية. وفي الواقع عندما نقول إن قيمة ما p متمتعة بالخواص المتطلبة موجودة فمن الممكن التحقق الماصدقي من ذلك (ولو مؤقتاً) ولكن هذا [149] يستحيل عندما نقول توجد قيمة واحدة فقط، ولا يمكن أن يكون لهذه القضية الكلية معنى ماصدقي إلا إذا عارضتها قضايا قاعدية؛ أي إذا استطاعت قضايا قاعدية البرهان على وجود كثرة. وبما أن الحالة ليست كذلك (ارتباط عدم قابلية التفنيد بصيغة نيوتن) فإن تطلب الأحدية غير ذي معنى ماصدقي[*35].

ولهذا فلن تتغير العلاقة القائمة بين التقويمات الاحتمالية والقضايا القاعدية وكذا درجات قابلية تعزيز هذه التقويمات بأي حال عندما نمحو تطلب الأحدية من نظمة موضوعاتنا: قد يمكننا هذا من وضع[63] نظمتنا على شكل فرضيات وجودية بحتة ولكنه سيجبرنا في الوقت نفسه على التخلي عن أحدية التقويمات الاحتمالية[*36] وسيجعلنا نحصل على هذا النحو (في ما يتعلق بالأحدية) على شيء يختلف عن حساب الاحتمالات الاعتيادي.

وعليه فإن تطلب الأحدية ليس فائضاً وضوحاً ولكن ما هي وظيفته المنطقية؟

(62) يمكن وضعها على الشكل التالي: يوجد، من أجل كل قيمة ε ومن أجل كل أضعاف n من السوابق، ومن أجل كل حد رقمه x حد رقمه y و $y > x$ بحيث تحيد قيمة التواتر المرتبطة بـ y عن قيمة معينة p بمقدار أقل من ε.

(35*) يختلف الموقف تماماً إذا ما تبنينا التطلب (+2) في الهامش رقم (29*)، الفقرة 64 من هذا الكتاب: إن له مدلولاً تجريبياً... وتصبح بفضله الفرضيات الاحتمالية قابلة للتفنيد (كما نؤكد في الهامش رقم (32*)، الفقرة 65 من هذا الكتاب).

(63) يبقى في هذه النظمة هيكل حساب الاحتمالات قابلاً للاشتقاق. كل ما هنالك هو أنه يجب تفسير الصيغ على شكل صيغ وجودية. لم تعد مبرهنة بيرنوللي على سبيل المثال تنص على أن (من أجل n محدد) قيمة الاحتمال الوحيدة لـ $\alpha_n H(\Delta p)$ قريبة من 1 وإنما على أن (من أجل n محدد) توجد، من بين مختلف قيم الاحتمال لـ $\alpha_n H(\Delta p)$، قيمة على الأقل قريبة من 1.

(36*) وكما برهن في الهامش الجديد رقم (29*)، الفقرة 64 من هذا الكتاب يمكن حذف كل تطلب أحدي من دون التضحية بالأحدية.

فبينما تتولد العلاقة مع القضايا القاعدية عن تطلب عدم الانتظام فإن تطلب الأحدية ينظم علاقات المنطوقات الاحتمالية فيما بينها. صحيح أنه يمكن اشتقاق الفرضيات الوجودية بعضها من بعض بدونه ولكنه يستحيل عندئذ معارضة بعضها ببعض. فتطلب الأحدية يراقب إمكانية تعارض المنطوقات الاحتمالية فيما بينها وهو الوحيد الذي يستطيع فعل ذلك. فهي تأخذ بفضله شكل ترافق بين قضية كلية وفرضية وجود، وتقوم بين قضايا من هذا الشكل نفس العلاقات المنطقية الأساسية (التكافؤ، قابلية الاشتقاق، قابلية التلاؤم، التناقض) كما في كل القضايا الكلية السوية في أي نظرية من النظريات (قابلة التفنيد على سبيل المثال).

لننظر الآن إلى موضوعة القيمة الحدية. إن لها، كما هو الحال في تطلب الأحدية، شكل قضية كلية (غير قابلة للتفنيد) ولكنها تذهب أبعد من هذا من حيث «المحتوى». وكذلك لا يمكن أن يكون لهذا المحتوى الإضافي أي مدلول ماصدقي أو أي مدلول منطقي صوري وليس له سوى مدلول قصدي: ستستثنى كل المتتاليات [150] (الرياضية) المعطاة قصداً بدون قيمة تواتر حدية. ولكن ليس لهذا المنع من حيث التطبيق أي مدلول، ولو قصدي، لأننا في نظرية الاحتمالات التطبيقية لا نتعامل طبعاً مع المتتاليات الرياضية مباشرة وإنما مع تقويمات افتراضية لمتتاليات تجربية. وحظر المتتاليات التي ليس لها قيمة تواتر حدية لا يمكن أن يهدف إلا إلى تحذيرنا من معاملة متتالية تجربية كمتتالية «ذات طابع عشوائي» في الوقت الذي نقبل فيه افتراضيا أنها لا تمتلك أية قيمة تواتر حدية. ما هي المبادرات التي يجب علينا أخذها إزاء هذا التحذير؟[64] وما هي الاعتبارات والتخمينات التي نعزوها لتقارب وتباعد المتتاليات التجربية واضعين نصب أعيننا أن معايير التقارب والتباعد لا تنطبق عليها؟ تختفي كل هذه الأسئلة[65] المحرجة مع سقوط موضوعة القيمة الحدية.

وهكذا أوضح تحليلنا المنطقي شكل ووظيفة مختلف الأجزاء الموضوعاتية، وبيَّن لنا الأسس التي يقوم عليها رفض موضوعة القيمة الحدية وقبول موضوعة الأحدية. كما تبين في نفس الوقت أن مشكلة البتية المحرجة ستزداد حرجاً. ونحن

(64) يمكن النظر إلى كلا المتطلبين، عدم الانتظام والتطلب الأحدي، وعلى نحو مرض، على أنهما تحذيران (قصديان). يحذرنا تطلب عدم الانتظام من عدم معاملة المتتاليات التي تفترض (لأي سبب من الأسباب) نجاح نظمة مقامرة فيها كمتتاليات ذات طابع عشوائي. ويحذرنا تطلب الأحدية من إعطاء احتمال q إلى متتالية نفترض أنه يمكن تقريبها بإعطائها قيمة احتمال p، $q \neq p$، الخ.

(65) أثارت مخاوف مماثلة اعتراضات شليك على موضوعة القيمة الحدية، انظر: Schlick, «Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» p. 158.

رغم أننا غير ملزمين بالنظر إلى متطلباتنا أو موضوعاتنا على أنها غير ذات مدلول[66] فإننا مجبرون وضوحاً بوصفها «بغير التجربية». ولكن وأياً كانت الكلمات المستعملة ألا يتعارض هذا الوضف لمنطوقات الاحتمال صراحة مع كل اتجاه البحث الذي نقوم به؟

67 ـ ميتافيزياء الاحتمال

إن أهم تطبيق لمنطوقات الاحتمال في الفيزياء هو التالي: تفسر بعض المفاعيل الفيزيائية المنتظمة والتي يمكن إرجاعها إلى ظواهر جماعية على أنها قوانين ماكروية [قائمة على سيرورات مجهرية مفترضة وغير رصودة مباشرة] نشتقها [151] من تقويمات احتمالية: نبين أن الأرصاد التي تتفق مع الانتظام المذكور متوقعة باحتمال قريب من 1 قدر ما نريد. ونقول عندئذ إننا «شرحنا» المفعول، كمفعول ماكروي، بواسطة التقويم الاحتمالي.

ولكننا إذا ما طبقنا التقويم الاحتمالي بدون مراعاة الحيطة «لشرح» الانتظامات المرصودة فإننا سندخل فوراً في نظرات يمكننا تسميتها بالميتافيزيائية نموذجياً بحسب الاستعمال الشائع.

وبما أن المنطوقات الاحتمالية غير قابلة للتفنيد فمن الممكن «شرح» كل انتظام أياً كان بواسطة تقويمات احتمالية. لنأخذ مثلاً قانون التثاقل، يمكننا إنشاء التقويمات الاحتمالية التي تشرح هذا القانون على النحو التالي: نعتبر سيرورة ما سيرورة أولية، كحركة جزيء صغير مثلاً ونعتبر إحدى خواص السيرورة خاصة أساسية، اتجاه حركة الجزئي وسرعته مثلاً، ثم نفرض أن لهذه السيرورات توزيعاً عشوائياً ونسأل ما هو احتمال أن تخضع لقانون التثاقل، بدقة معينة، مجموعة من الجزيئات التي تتحرك عشوائياً في منطقة ما (منتهية) خلال فترة زمنية معطاة ـ خلال «دورة كونية» ما ـ سنحصل على احتمال ضعيف جداً [متناهٍ في الصغر في واقع الأمر ولكنه لا يساوي الصفر]. يطرح عندئذ سؤال آخر كم يجب أن يكون

---

(66) قد يتعرف الوضعي هنا على هرمية كاملة من «غير ذات مدلولية» فهو يرى أن القوانين الطبيعية التي لا يمكن التحقق منها «غير ذات معنى» وأن تقويمات الاحتمال غير القابلة للتفنيد أو التحقق أولى بهذا الوصف، انظر الفقرة 6 وسرد الهامشين رقمي (20) و (21) فيها. أما موضوعاتنا فمصنفة أيضاً ونطلب الأحدية الذي لا يحتوي على معنى ماصدقي أكثر «غير ذي معنى» من موضوعة عدم الانتظام «غير ذات معنى» ولكن لها مستتبعات ماصدقية. والأكثر «غير ذات معنى» هي موضوعة القيمة الحدية لأنها لا تحتوي على معنى قصدي على الأقل.

طول المقطع n في المتتالية أو على نحو آخر ما هي أطول فترة زمنية مفترضة تدوم خلالها السيرورة؟ ـ كم تدوم الدورة الكونية؟ ـ كي تتراكم [عشوائياً] الأرصاد الموافقة لقانون التثاقل وتصبح متوقعة باحتمال لا يحيد عن 1 إلا بمقدار ε صغير قدر ما نريد. سنحصل من أجل كل قيمة مختارة للاحتمال على عدد كبير جداً ومتنه. ويمكننا عندئذ القول: لنفرض أن مقطع المتتالية طويل بما يكفي بناء على افتراضنا للعشوائية ـ أو أن «الكون» سيدوم طويلاً ـ لتوقع ظهور دورة كونية يبدو خلالها قانون التثاقل ساري المفعول، رغم أنه لا يوجد في «الحقيقة» إلا تبعثر عشوائي. يمكن تطبيق هذه الطريقة في «الشرح» بواسطة أحكام عشوائية على أي انتظام كان. ويمكننا إن شئنا النظر إلى مجمل «الكون» مع كل الانتظام المرصود كطور من أطوار الفوضى العشوائية ـ كسلسلة من المصادفات المتراكمة ـ.

واضح أن هذه النظرات، التي لا تعني شيئاً في العلوم الطبيعية، «ميتافيزيائية». وواضح أيضاً أن عدم معناها مرتبط بعدم قابليتها للتفنيد، أضف إلى ذلك أنه يمكننا دوماً طرح مثل هذه الأفكار. ويبدو أن معيار الحد الفاصل الذي [152] وضعناه يناسب تماماً هنا الاستعمال العام لكلمة ميتافيزياء.

وأخيراً فلا يمكن اعتبار النظريات الاحتمالية التي تطبق بدون قيد كنظريات علمية، يجب التخلي عن استعمالها الميتافيزيائي إذا ما أردنا لها فعلاً أن تكون صالحة الاستعمال تجريبياً[*37].

68 ـ منطوقات الاحتمال في الفيزياء

يضع مشكل البتية الصعوبات أمام منظّر المعرفة وليس أمام الفيزيائي[*38].

(*37) عندما كتبت هذا كنت أظن أن النظرات التي أشرت إليها ستبدو بسهولة غير صالحة للاستعمال وعلى وجه التحديد بسبب إمكانية تطبيقها بدون قيود. إلا أنها على ما يظهر مغرية أكثر مما كنت أتصور. دافع البعض عن الأفكار التالية:

إذا ما تقبلنا النظرية الاحتمالية للأنتروبيه فعلينا أن نعتبر أنه من المؤكد أو شبه المؤكد أن الكون سيعيد تنظيم نفسه عرضاً إذا صح القول شريطة أن ننتظر بما فيه الكفاية. وقد أعيد هذا الطرح مرات ومرات من قبل آخرين بطبيعة الحال. ومع ذلك فإني أرى فيه مثالاً نموذجياً للأفكار النظراتية التي أنتقدها في المتن والتي تسمح لنا بأن نتوقع حدوث كل ما نريده بشكل شبه مؤكد. يرينا هذا بوضوح الأخطار الكامنة في المنطوقات الوجودية والتي تتقاسمها المنطوقات الاحتمالية مع غالب القضايا الميتافيزيائية. انظر مثلاً: J. B. S. Haldane: *Nature*, 122 (1928), p. 808, and *The Inequality of Man*, pp. 163 f.

انظر أيضاً الفقرة 15 من هذا الكتاب (ترجع أفكار هالدين إلى بولتزمان Boltzmann).

(*38) عالج الفيزيائيان ب. وت. إيرنفست (Ehrenfest) منذ وقت طويل هذه المسألة بوضوح =

فإذا سئل الفيزيائي عن إعطاء مفهوم للاحتمال يطبَّق عملياً فسيقترح التعريف الفيزيائي التالي:

تعطي بعض النتائج، المنفذة في شروط معينة، نتائج متفاوتة؛ وإذا ما كررنا التجربة مرات عديدة، فستتقرب بشكل ما من التجارب ذات الطابع العشوائي [كرمي النقود مثلاً] حيث يقترب التواتر النسبي لنتيجة منفردة كلما ارتفع عدد تكرار التجربة من عدد ثابت نسميه قيمة الاحتمال. «وهو عدد يعين تجريبياً [153] وبالتقريب المطلوب عبر سلسلة طويلة من التجارب»(67). وهذا ما يفسر قابلية تفنيد التقويمات الاحتمالية.

يجب على الرياضي وعلى المنطقي إثارة الاعتراضات وخاصة التالية منها على هذا النوع من التعريف:

(1) لا يتفق هذا التعريف مع حساب الاحتمالات لأن المقاطع التي تسلك سلوكاً ذا طابع تقاربي هي، بحسب مبرهنة بيرنوللي، تقريباً كل المقاطع الطويلة جداً ولا غير. وبالتالي لا يمكن تعريف الاحتمال انطلاقاً من السلوك ذي الطابع التقاربي لأن كلمة «تقريباً كل» التي يجب أن تظهر في (المعِرف) *Definiens* ليست في حقيقة الأمر سوى كلمة أخرى للاحتمال الكبير وهكذا فالتعريف دائري؛ يمكن إخفاء هذه الدائرية بالتخلي عن «تقريباً» ـ ولكن هذا لا يزيل الاعتراض ـ وهذا ما يفعله الفيزيائي في تعريفه غير المقبول.

= وتفصيل في الفقرة 30 من: Paul Ehrenfest and Tatiana Ehrenfest, «Begriffische Grundlagen der Statistichen Auffassung der Mechanik,» in: Felix Klein and Conr. Muller, *Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften IV*, Millionbooks ([n. p.: n. pb.], 1907-1914), part 6.

ونظرا إليها كمشكل مفاهيم ومشكل في نظرية المعرفة وأدخلا فكرة الفرضيات الاحتمالية من الدرجات الأولى، الثانية... الدرجة k: ففرضية احتمال من الدرجة الثانية مثلاً هي تقدير لتواتر وقوع تواترات معينة في مجاميع من جملة مجاميع، ولكنهما لم يتعاملا مع أي مفهوم يقابل فكرة المفعول القابل لإعادة الإنتاج (الاستعادة). وهو مفهوم يلعب دوراً جوهرياً بالنسبة لنا في حل المشكل الذي عرضاه عرضاً جيداً جداً. انظر على وجه الخصوص الخلاف بين بولتزمان وبلانك الذي ذكراه في الهوامش ص 247 وما بعدها والذي يمكن حله، على ما أظن، باستعمال فكرة المفعول المستعاد. لأن التأرجحات ضمن شروط تجريبية معينة، قد تؤدي إلى مفاعيل مستعادة وهذا ما بينته نظرية آنشتاين في الحركة البرونية على نحو دامغ. انظر الهامش رقم (32*)، الفقرة 65 والملحقين السادس* والتاسع* من هذا الكتاب.

(67) السرد هنا من: Born and Jordan, *Elementare Quantenmechanik*, p. 306;

انظر أيضاً: Paul Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics*, The International Series of Monographs on Physics (Oxford: The Clarendon Press, 1930),

نسرده في الفقرة 74 من هذا الكتاب، وكذلك Herman Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, 2nd ed. (Leipzig: S. Hirzel, 1931), p. 66.

(2) متى نقول عن سلسلة من التجارب إنها «طويلة»؟ وإن لم نعطِ معياراً لذلك فلن نعرف إذا كنا قد تقرّبنا من قيمة الاحتمال أم لا.

(3) كيف يمكننا أن نعرف أننا قد وصلنا إلى التقريب المنشود؟

ونحن وإن كنا نرى أن هذه الاعتراضات مبررة فإننا نعتقد أنه يمكننا التمسك بتعريف الفيزيائي. وسنعتمد بذلك على الأفكار التي عرضناها في الفقرة السابقة. لقد بينا أن الفرضيات الاحتمالية التي تطبق من دون قيد تصبح غير ناطقة. ولا يستعملها الفيزيائي إطلاقاً على هذا الشكل. ولذلك فإننا سنمنع التطبيق اللامحدود لمنطوقات الاحتمال بأن نتخذ قراراً منهجياً بألا نعيد البتة المفاعيل المنتظمة والمستعادة إلى تراكمات عشوائية. يقلص[39*] هذا القرار مفهوم الاحتمال ويعدله ولم يعد يعنينا الاعتراض (1)، لأننا لا ندعي بتطابق المفهومين الرياضي والفيزيائي للاحتمال بل وعلى العكس تماماً تنفي هذا التطابق. ولكن اعتراضاً جديداً يحل محل الذي سويناه.

(1′) متى يمكننا الحديث عن «تراكمات عشوائية»؟ عندما يكون الاحتمال صغيراً. ولكن ما يعني «صغير»؟ نفرض، انطلاقاً من القرار الذي اتخذناه، عدم [154] استعمال الطريقة الموصوفة في الفقرة السابقة لتحويل احتمال صغير إلى احتمال كبير قدر ما نريد بتعديل وضع المسألة (الرياضية). يعني تنفيذ القرار إذاً معرفة ما نقصد بكلمة «صغير».

سنبيّن فيما يلي أن القاعدة المنهجية المقترحة تتفق مع تعريف الفيزيائي من جهة وتساعد على الإجابة عن الأسئلة (1′)، و(2) و(3) من جهة أخرى. وأمام أعيننا، بدايةً، حالة نموذجية وحيدة لتطبيق حساب الاحتمالات: إعادة مفاعيل ماكروية توصِّفها انتظامات دقيقة (قوانين ماكروية)، كضغط الغاز على سبيل المثال، إلى تراكم أعداد كبيرة من السيرورات المجهرية، تصادم الذرات في مثلنا. ويمكننا أن نرجع بسهولة[40*] حالات نموذجية أخرى (كالتأرجحات الإحصائية وإحصاء السيرورة المنفردة ذات الطابع العشوائي) إلى هذه الحالة الأهم كظاهرة جماعية قصوى [المستعادة].

(39*) يقلص هذا القرار المنهجي مفهوم الاحتمال ـ كما يقلصه على نفس النحو القرار المتخذ بتبني أقصر المتتاليات ذات الطابع العشوائي كمنوال رياضي للمتتاليات التجريبية. انظر الهامش رقم (32*)، الفقرة 65 من هذا الكتاب.

(40*) يراودني الشك الآن حول الكلمة «بسهولة» إذ يجب في كل الحالات، ما عدا حالات المفاعيل الماكروية القصوى المناقشة في هذه الفقرة، استعمال طرق إحصائية حاذقة جداً. انظر أيضاً الملحق التاسع* من هذا الكتاب، وعلى وجه الخصوص «مذكرتي الثالثة».

لنفرض إذاً أن مفعولاً موصوفاً بقانون محقق بشكل جيد يعود إلى متتاليات ذات طابع عشوائي لسيرورات مجهرية معينة. ينص القانون بشكل ما أن مقداراً فيزيائياً يأخذ ضمن شروط معينة القيمة p. ولنفرض أن المفعول دقيق بمعنى عدم ظهور أي تأرجحات مقيسة: لا تحيد نتائج القياس عن p إلا ضمن الحدود التي تسمح بها دقة القياس (تقنية القياس). وليكن $\pm\varphi$ مجال الدقة[68] ولنقترح الفرضية التالي: إن p هي قيمة احتمال متتالية α من الأحداث المجهرية. ولنفرض أخيراً أن n حدثاً مجهرياً يسهم في إنتاج المفعول. يمكننا عندئذ حساب الاحتمال $\alpha_n H(\Delta p)$ من أجل أي δ (انظر الفقرة 61)، أي الاحتمال بالحصول على نتيجة القياس في المجال Δp. نشير إلى الاحتمال المتمم بـ ε أي أن $\varepsilon = \alpha_n H(\overline{\Delta p})$ وتتناهى ε نحو الصفر عندما تزداد n دون حدود.

نفرض أن ε «صغير» إلى حد يمكن معه إهماله (سنتحدث بعد قليل عن السؤال (1') المتعلق بمعنى صغير في هذا الفرض). نفسر عندئذ Δp على أنه المجال الذي تقترب فيه نتائج القياس من p وهكذا نرى أن المقادير الثلاثة ε، n، Δp ترتبط بالأسئلة (1')، (2) و(3). يمكن اختيار Δp أو δ كما نشاء مما يحدد حرية اختيار المقدارين ε وn. وبما أن مهمتنا هي اشتقاق المفعول الماكروي «المضبوط» $p(\pm\varphi)$ فلن نفرض δ أكبر من φ. وسيكون الاشتقاق مرضياً، فيما يتعلق بالمفعول p، إذا قمنا به من أجل $\delta \leq \varphi$ (φ معطاة هنا [155] وتحددها تقنية القياس)؛ لنختر δ على هذا النحو. ونكون بهذا قد أعدنا السؤال (3) إلى السؤالين الأولين.

أما باختيارنا Δp (أي δ) فنكون قد أقمنا علاقة بين n وε (من أجل كل n هناك ε وحيد يرافقه والعكس بالعكس). وهكذا يمكن إعادة السؤال (2) متى يكون n طويلاً بما فيه الكفاية؟ إلى السؤال (1') متى يكون ε صغيراً؟ (والعكس بالعكس طبعاً).

وهكذا نكون قد أجبنا عن الأسئلة الثلاثة حالما نقرر إهمال قيمة معينة لـ ε. ولكننا قررنا عدم إهمال أي قيمة لـ ε (القاعدة المنهجية) ومن جهة أخرى فإننا لسنا مستعدين للتكفل بقيمة معينة تماماً لـ ε.

لنضع أمام الفيزيائي هذا السؤال أي قيمة لـ ε يراها مهملة: 0،001 أو

(68) انظر الفقرة 57 من هذا الكتاب.

0،000001 أو...؟ سيجيب على أغلب الظن أن ε لا تهمه وأنه اختار n وليس ε وفعل ذلك بشكل يجعل الارتباط المتبادل بين n وΔp مستقلاً أكثر ما يمكن عن التغيرات التي قد نرغب القيام بها على ε.

وجوابه هذا مبرر نظراً لخصائص توزيع بيرنوللي الرياضية: يمكن تحديد العلاقة الدالية بين ε وΔp من أجل كل n[41*]. وإذا ما تفحصنا هذه الدالة نرى أنه من أجل كل n («كبيرة») توجد قيمة متميزة لـ Δp بحيث لا تتحسس Δp في جوار هذه القيمة المتميزة بتغيرات ε وتزداد عدم الحساسية بازدياد n. فإذا كانت n من ترتيب الأعداد التي تشترك في الظواهر الجماعية فإن عدم تحسس Δp في جوار قيمتها المتميزة بتغيرات ε كبير إلى حد بحيث تكاد لا تتغير Δp حتى ولو تغيرت رتبة قيمة ε. لن يعلق الفيزيائي أي أهمية على [156] حدود مضبوطة تماماً لـ Δp. يمكن لـ Δp (في حالات الظواهر الجماعية القصوى والتي يقتصر بحثنا عليها هنا) أن يقابل مجال دقة القياس $\pm\varphi$، وليس لهذا المجال حدود مضبوطة كما رأينا في الفقرة 37 وإنما «حدود تكثف» وحسب. سنقول عن n إذاً أنه «كبير» إذا أصبح عدم تحسس Δp في جوار قيمتها المتميزة ـ التي يمكننا تحديدها ـ من الكبر، كحد أدنى، بحيث لو تغيرت رتبة قيمة ε فإن Δp ستبقى تتأرجح داخل حدود التكثف لـ $\pm\varphi$. (إذا $n\to\infty$ تصبح Δp عديمة التحسس تماماً). وهكذا فلم نعد بحاجة للاهتمام بالتحديد الدقيق لـ ε ونكتفي بقرار إهمال قيم ε الصغيرة ولو لم نقل ماذا نقصد تماماً «بصغير». ويعادل هذا كله القرار بالعمل بالقيم المتميزة Δp المشار إليها أعلاه، والتي لا تتحسس بتغيرات ε.

(41*) أعتقد أن الملاحظات التي أبديناها في هذا المقطع (وبعض المناقشات في آخر هذه الفقرة) قد أوضحتها وتجاوزتها اعتبارات الملحق التاسع* من هذا الكتاب. انظر بشكل خاص النقطة 8 وما يتبعها في مذكرتي الثالثة. يمكن بالاستعانة بالطرق التي طبقناها في هذه المراجع أن نبين أننا إذا أخذنا كل العينات الإحصائية الممكنة منطقياً مع n كبيرة فإن كل هذه العينات تقريباً تزعزع أي فرضية احتمالية معطاة: أي أنها تعطيها درجة تعزيز سالبة جداً. ويمكننا أن نقرر تفسير هذه النتيجة التي تعطيها العينة كدحض أو تفنيد. تسند أغلب العينات الباقية الفرضية، أي أنها تعطيها درجة تعزيز موجبة. ولا توجد إلا عينات قليلة نسبياً بـ n كبيرة لا تبت في الفرضية أي لا تعطيها أي درجة (موجبة أو سالبة). يمكننا إذاً أن نفرض أننا في وضع نستطيع فيه دحض فرضية احتمال، بالمعنى الذي أعطيناه هنا، ويمكننا أن نتوقع حدوث ذلك بثقة أكبر من حالة فرضية غير احتمالية. والقرار (أو القاعدة المنهجية) باعتبار درجة التعزيز السالبة (من أجل n كبير) تفنيدا إنما هو حالة خاصة من القاعدة المنهجية المناقشة في هذه الفقرة التي تهمل بعض الحالات القصوى لعدم الاحتمال.

تتفق القاعدة التي شرحناها منذ قليل مع تطلب الموضوعية العلمية. يتلخص الاعتراض على القاعدة بالقول إن أضعف الاحتمالات هو احتمال في كل الأحوال؛ وبالتالي فإن السيرورات ضعيفة الاحتمال والتي نقترح إهمالها ستقع يوماً ما. يسقط هذا الاعتراض عندما نواجهه بفكرة استعادة المفاعيل الفيزيائية. وهي فكرة وثيقة الصلة بالموضوعية[69]. نحن لا ننكر إمكانية وقوع أحداث ضعيفة الاحتمال ولا ننفي على سبيل المثال إمكانية انسحاب جزيئات غاز تحتل حجماً صغيراً إلى حيز صغير من هذا الحجم عفوياً ولفترة وجيزة أو إمكانية تأرجح الضغط عفوياً في حجم غازي كبير. إن ما ندعيه هو أن وقوع هذه السيرورات ليس مفعولاً فيزيائياً لأنها لا تستعاد بحسب الطلب بسبب ضعف احتمالها الهائل. وحتى ولو صدف أن رصد فيزيائي سيرورة من هذا القبيل فلن يستطيع إعادة إنتاجها وبالتالي لن يستطيع معرفة ما حدث فعلاً وما إذا كان قد ارتكب خطأً تجريبياً. أما إذا وجدنا انحرافات مستعادة عن المفعول الماكروي المشتق من تقويم احتمالي على النحو المشار إليه أعلاه فنقول عندئذ إن التقويم الاحتمالي قد فُنّد.

يمكننا الآن أن نفهم التعابير مثل تعبير إدينغتون الذي يميز بين نوعين من القوانين الفيزيائية: «هناك أشياء لا تحدث في العالم الفيزيائي لأنها مستحيلة، وأشياء أخرى لا تحدث لأنها قليلة الاحتمال جداً: والقوانين التي تمنع النوع الأول هي قوانين أولية أما التي تمنع النوع الثاني فهي قوانين ثانوية»[70]. ورغم أن [157] على هذه الصياغة ما يقال ـ نفضل الابتعاد عن الدعاوى التي لا يمكن التحقق منها المتعلقة بمعرفة ما إذا كانت الطوارئ قليلة الاحتمال جداً تقع أم لا ـ فإنها تتفق مع التطبيقات الفيزيائية لنظرية الاحتمال.

أما التطبيقات الأخرى لحساب الاحتمالات كالتأرجحات الإحصائية أو إحصاء الأحداث الفردية ذات الطابع العشوائي فيمكن إعادتها إلى الحالة التي درسناها: حالة المفعول الماكروي «المضبوط». نقصد «بظواهر التأرجحات الإحصائية» (كالحركة البراونية على سبيل المثال) الحالات التي تكون فيها ساحة دقة القياس $(\pm\varphi)$ أصغر من المجال المتميز Δp المرتبط بالعدد n للسيرورات المجهرية المساهمة في المفعول الماكروي، والتي تكون فيها بالتالي

(69) انظر الفقرة 8 من هذا الكتاب.

(70) Arthur Stanley Eddington, *Das Weltbild der Physik und ein Versuch seiner Philosophischen Deutung = The Nature of the Physical World* (Braunschweig: Vieweg, 1931), p. 79.

(لقد ترجم هنا من الإنكليزية (المترجم)).

الانحرافات المقيسة عن p متوقعة «باحتمال كبير». يمكن اختبار وقوع هذه الانحرافات لأن التأرجحات نفسها أصبحت مفعولاً مستعاداً تنطبق عليه حججنا السابقة: يجب (بحسب قاعدتنا المنهجية) ألا تكون التأرجحات التي تتجاوز مقداراً معيناً (خارج المجال Δp) مستعادة، مثلها مثل تكرر التأرجح في نفس الاتجاه على الدوام الخ. وتنطبق حجج مماثلة على إحصاء الأحداث الفردية ذات الطابع العشوائي.

لنلخص الآن حججنا المتعلقة بمشكلة البتية.

نجيب أولاً عن السؤال التالي: كيف يمكن لتقويمات احتمالية غير قابلة للتفنيد أن تلعب دور قانون طبيعي في العلوم التجريبية؟ بقولنا إن المنطوقات الاحتمالية، على قدر ما هي غير قابلة للتفنيد، فهي منطوقات «ميتافيزيائية» لا معنى تجربي لها؛ وعلى قدر ما هي مستعملة كقضايا تجربية، فهي قضايا قابلة للتفنيد.

ولكن هذا الجواب يطرح أمامنا سؤالا جديداً: كيف يمكن استعمال منطوقات احتمالية ـ غير قابلة للتفنيد ـ كقضايا قابلة للتفنيد؟ (ما من شك أنها مستعملة حقاً: يعرف الفيزيائي جيداً متى يعتبر تقويماً احتمالياً مفنداً). لهذا السؤال وجهان، يجب علينا من جهة فهم إمكانية استعمال المنطوقات الاحتمالية كقضايا قابلة للتفنيد انطلاقاً من الشكل المنطقي لهذه الإمكانية. ويجب علينا من جهة أخرى تحليل القواعد التي تتحكم بهذا الاستعمال.

يمكن أن تتفق القضايا القاعدية (كما رأينا في الفقرة 66) بشكل جيد أو غير جيد مع التقويمات الاحتمالية؛ ويمكنها أن «تمثل» كثيراً أو قليلاً مقطعاً نموذجياً من متتالية احتمال. وهذا ما يفسح أمامنا المجال لربط ذلك بقاعدة منهجية تتطلب [158] مثلاً خضوع التوافق بين القضايا القاعدية وتقويمات الاحتمال إلى حد أدنى من المعايير، وترسم خطاً اعتباطياً بين المقاطع التي ترى بالسماح بها وبين المقاطع البعيدة جداً عن النموذج والتي ترى حظرها.

إلا أن تحليل هذه الإمكانية عن قرب يبيّن أن الخط الفاصل بين المسموح به والممنوع ليس اعتباطياً كما يتصور للوهلة الأولى وأنه ليس «متسامحاً»، بمعنى أنه من الممكن تحديده كغيره من القوانين عبر دقة القياس التي نصل إليها.

لا تحظر قاعدتنا المنهجية المقترحة ـ وفق معيار الخط الفاصل ـ وقوع المقاطع غير النموذجية كما لا تحظر تكرار وقوع الانحرافات (الطبيعية في المتتاليات الاحتمالية). ولكنها تحظر وقوع انحرافات في اتجاه معين، وقوع قابل

للتنبؤ وللاستعادة؛ والوقوع المماثل لمقاطع غير نموذجية على نحو ما. ولذلك فهي لا تتطلب توافقاً تقريبياً وإنما التوافق الأمثل لكل ما هو مستعاد وقابل للاختبار أي لكل المفاعيل.

69 ـ القانون والزهر

جرت العادة على القول إن حركة الكواكب تخضع إلى قوانين صارمة بينما يتحكم الزهر في لعب النرد. أما نحن فنرى أن الخلاف بينهما راجع إلى مقدرتنا على التنبؤ بنجاح بحركة الكواكب وعجزنا عن التنبؤ بنتيجة رمية النرد الفردية.

يلزم لاستنتاج التنبؤات قوانين وشروط على الحدود وإلا فشل التنبؤ لعدم وجود قوانين تحت تصرفنا أو لعدم قدرتنا على تعيين الشروط على الحدود. وواضح أنه تنقصنا الشروط على الحدود في رمي النرد: فقد يكون من الممكن التنبؤ في هذه الحالة أيضاً لو كان بإمكاننا قياس الشروط على الحدود بدقة كافية. ولكن قواعد لعبة الرمي «النزيهة» قاسية (خض النرد مثلاً!)، إلى حد يمنع من قياس الشروط على الحدود. نسمي قواعد اللعبة أو التعليمات التي تحدد شروط وقوع أحداث متتالية عشوائية شروط الإطار. من بين هذه الشروط مثلاً، كون النرد «منزهاً» ولا غش فيه (مصنوعاً من مادة متجانسة) وخض النرد الخ.

هناك حالات أخرى يفشل فيها استنتاج التنبؤ، قد يكون ذلك لعدم استطاعتنا (حتى الآن) صياغة قانون مناسب، أو لأن كل محاولات إيجاد القانون قد باءت بالفشل لأن كل التنبؤات التي بنيت عليه قد فندت مما قد يجعلنا نيأس من إيجاد قانون صالح للاستعمال (وعسانا نستسلم ونكف عن المحاولة إذا كانت المسألة لا تهمنا ـ وهذا هو الحال إذا كنا نكتفي بتنبؤات التواتر). ولكننا لا نستطيع في أي [159] حال من الأحوال القول بشكل قاطع إنه لا يوجد انتظام قانوني في هذا الفرع أو ذاك. (عدم إمكانية التحقق). وبهذا نكون قد أعطينا تفسيراً ذاتياً[(42*)] لمفهوم الزهر. نتكلم على الزهر عندما لا يكفي مستوى معرفتنا للتنبؤ. ففي حالة النرد مثلاً نتكلم على الزهر لأننا لا نعرف شيئاً عن الشروط على الحدود. (يمكننا أن نتصور أن فيزيائياً مسلحاً بأجهزة جيدة قادر على التنبؤ بالرمية، الشيء الذي يعجز عنه الناس الآخرون).

هناك تفسير آخر موضوعي يعارض هذا التفسير الذاتي. ولكنه يلجأ إلى

(42*) هذا لا يعني أني أقدم أي تنازلات هنا للتفسير الذاتي للاحتمال، لعدم الترتيب أو عدم الانتظام.

التصور الميتافيزيائي القائل إن الأحداث حتمية أو لا حتمية بذاتها ولذا فلن نتطرق إليه هنا[71]. وسنتكلم دوماً على القوانين عندما تنجح بالتنبؤ وإلا فلن نعلم[43*] شيئاً عن وجود الانتظامات القانونية أو عن عدم وجودها.

ولعل من الأفضل اعتبار وجهة النظر التالية: يمكن القول إن الزهر واقع فعلاً أمام أعيننا بالمعنى الموضوعي عندما تتعزز تقويماتنا الاحتمالية، تماماً كما نقول عن الانتظامات القانونية عندما تتعزز التنبؤات المستنتجة من القوانين.

لا نعتبر هذا التعريف غير صالح للاستعمال، إلا أنه من الضروري التأكيد على أن مفهوم «الزهر» المعرف على هذا النحو لا يعارض مفهوم «القانون». لذا سمينا متتاليات الاحتمال متتاليات «ذات طابع عشوائي». وهكذا فإن متتالية من التجارب تختلف فيها شروط الإطار التي تعرف المتتالية عن الشروط على الحدود هي متتالية ذات طابع عشوائي بصورة عامة؛ وتختلف النتائج من تجربة إلى أخرى تحت نفس شروط الإطار لاختلاف الشروط على الحدود. إضافة إلى ذلك أننا لا ندعي إطلاقاً بوجود متتاليات زهرية لا يمكن بأي حال من الأحوال التنبؤ بحدودها. ويجب علينا ألا نستخلص من الطابع العشوائي للمتتالية أنه [لا يتنبأ بحدودها أو أن] هذه الحدود «زهرية» بمعنى عدم كفاية المعرفة، وهو معنى ذاتي، [160] وألا نستخلص أخيراً وهذا هو الأهم أن الواقع الموضوعي هو عدم وجود قوانين (بالمعنى الميتافيزيائي)[44*].

---

(71) انظر الفقرتين 71 و78 من هذا الكتاب.

(43*) لقد أهملت في هذا المقطع (ولعل ذلك لطابعها الذاتي) نظرية ميتافيزيائية أؤيدها بحماس في: **Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery,***
لأنها تفتح في رأيي آفاقاً جديدة، وتقترح حلولاً لصعوبات هامة، ولأنها على ما يبدو، صحيحة. ومع أني كنت واعياً عندما كتبت هذا الكتاب، ***Logik der Forschung***، أني أؤيد قناعات ميتافيزيائية ومع أني أشرت إلى تأثير وإلى قيمة الأفكار الميتافيزيائية في العلوم فلم يكن واضحاً لدي أن بعض النظريات الميتافيزيائية قابلة للعرض العقلاني وقابلة للنقد على الرغم من عدم دحوضيتها. انظر على الخصوص الفصل الأخير من المصدر المذكور، حيث نوقش برنامج البحث الميتافيزيائي.

(44*) لعله كان من الأفضل لتوضيح طرحي أن أعرض حججي على النحو التالي: يستحيل تكرار تجربة بدقة، وكل ما يمكننا فعله هو تثبيت بعض الشروط ضمن حدود معينة والمحافظة عليها. وهذا لا يشكل حجة لتأكيد زهرية ما يستجد الموضوعي أو لغياب القوانين في حالة ما إذا ما تكررت بعض المظاهر في نتائج التجارب بينما تغيرت مظاهر أخرى على غير انتظام؛ وهذا ما يحدث خاصة عندما نختار تجهيز التجربة بحيث تتغير شروط التجربة (كما في حال رمي النقود). ولا أزل حتى الآن على اتفاق مع دعاوي في المتن. إلا أن هناك حججاً أخرى تدعم الزهرية الموضوعية. إحداها يرجع إلى ألفريد لانديه (شفرة لانديه **Landé**) وتناسب جداً هذا السياق. سأعود إليها لمعالجتها بالتفصيل في الفقرات 90* وما بعدها من: **Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.***

لا يمكن اشتقاق أي شيء يتعلق بالانتظام القانوني أو بعدم قانونية الأحداث الفردية من الطابع العشوائي للمتتالية. ليس هذا فحسب وإنما لا يمكن كذلك السماح باستنتاج عدم انتظام المتتالية التام من تحقق التقييمات الاحتمالية؛ لأننا نعلم أن المتتاليات ذات الطابع العشوائي موجودة وأنها منشأة وفق قواعد رياضية[72]. وكوننا نرى توزيعاً بيرنوللياً لا يشكل قطعاً دليلاً على غياب الانتظام القانوني ولا «يكافئ غياب القانون تعريفاً»[73]. يجب ألا نرى في نجاح المنطوقات الاحتمالية سوى دليل على غياب انتظامات قانونية بسيطة في بنية المتتالية[74] [خلافاً لما هو عليه الحال في حدودها]. إن فرض الحرية من الفعل اللاحق المكافئ لافتراض عدم إمكانية اكتشاف الانتظامات القانونية البسيطة فرض معزز وهذا كل ما هناك.

70 ـ قابلية استنتاج القوانين الماكروية من القوانين المجهرية

يسود حكم مسبق، رغم المحاربة القوية التي يلقاها، مفاده أنه يجب تفسير كل السيرورات على أنها تجميع بشكل أو بآخر، أي أنه يجب إعادة كل السيرورات الماكروية إلى السيرورات المجهرية. (وهو حكم قريب من أحكام الميكانيكيين). ويبدو هذا الحكم كأحكام أخرى عديدة من قبيله مجرد مبالغة ميتافيزيائية [نوعاً من الأقنمة] لقاعدة منهجية لا غبار عليها، وهي القاعدة التي تدفعنا إلى محاولة التبسيط أو التعميم عن طريق التجميع أو التكامل. إلا أنه من الخطأ الظن أن الافتراضيات المجهرية وحدها كافية إذ يجب أن نضيف إليها دوماً التقويمات التواترية: فالنتائج الإحصائية لا تشتق إلا من تقويمات إحصائية. وتقويمات التواتر هذه هي على الدوام فرضيات تمليها علينا في ظروف معينة دراستنا للحوادث المجهرية، ولكنها ليست قابلة للاشتقاق من هذه الدراسة. فهي صف خاص من الفرضيات تمنع، إذا صح [161] التعبير، الانتظام القانوني في الأشياء الكثيرة[75]. وقد عبر فون ميزس عن ذلك

---

(72) انظر الملحق الرابع من هذا الكتاب.

(73) هذا ما كتبه شليك في: Schlick, «Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» p. 157.

(74) انظر الفقرتين 43 و58 من هذا الكتاب.

(75) كتب مارش في: Arthur March, *Die Grundlagen der Quantenmechanik*, 2nd ed. (Leipzig: Joh. Ambr. Barth, 1931), p. 250,

يقول إن جزئيات الغاز لا تستطيع التصرف «..كما تريد بل يجب على كل جزئية منها أن تتقيد بسلوك الجزئيات الأخرى. ويمكن اعتبار القول إن الكل أكثر من مجرد مجموع الأجزاء أحد أهم المبادئ وأعمقها للميكانيك الكمومي».

بوضوح عندما كتب «لا تنبع أي قضية في النظرية الحركية للغازات من الفيزياء التقليدية بدون أن نضيف إليها فروضاً ذات طبيعة إحصائية»[76].

يستحيل كذلك اشتقاق التقويمات الإحصائية ومنطوقات التواتر ببساطة من القوانين «الحتمية»؛ ذلك أن اشتقاق أي تنبؤ من هذه القوانين يحتاج إلى شروط على الحدود. وتدخل فروض ذات طبيعة إحصائية محددة حول توزيع الشروط على الحدود في كل اشتقاق للقوانين الإحصائية من فروض مجهرية (ذات طابع «حتمي» أو مضبوط)[*45].

من المثير للانتباه أن تقويمات التواتر التي يفترضها الفيزيائي النظري هي دوماً فرضيات التوزيع بالتساوي. وهذا يعني أنها ليست واضحة بحد ذاتها قبلياً. ويبيّن لنا ذلك على سبيل المثال الخلاف الكبير بين الإحصاء التقليدي وإحصاء بوز (Bose) ـ آنشتاين وإحصاء فيرمي ـ ديراك: فهو يرينا كيف يمكن إضافة فرضيات خاصة إلى تقويم التوزيع المتساوي على نحو يجعلنا نعرف المتتاليات المرجعية والعلامات، التي فرضنا فيها التوزيع المتساوي، على أشكال مختلفة.

سيوضح لنا المثل التالي مدى ضرورة التقويمات التواترية حتى عندما نعتقد أنه من الممكن تدبر الأمور بدونها.

لنتصور شلال ماء حيث يمكننا ملاحظة انتظام خاص به: تختلف شدة دفق الماء وترتش بعض الدفقات من حين إلى آخر على الأطراف ومع ذلك يمكن [162] التثبت مع كل هذه التغيرات من وجود انتظام خاص تدمغه الصبغة الإحصائية كلياً. يمكننا مبدئياً إذا ما وضعنا جانباً بعض المسائل التي لم تحل بعد في ديناميك

---

(76) Richard von Mises, «Über Kausale und Statistische Gesetzmäßigkeit in der Physik,» *Erkenntnis*, 1 (1930), p. 207, and *Die Naturwissenschaften*, 18 (1930).

(*45) هذا الطرح الذي وضعه فون ميزس وتبنيته شخصياً يلقى معارضة من مختلف الفيزيائيين، ومن بينهم ب. جوردان الذي ينطلق لمعارضة طرحي من كون بعض أشكال الفرضية الأركودية قد برهن عليه حديثاً. انظر: Pascual Jordan, *Anschauliche Quantentheorie: Eine Einführung in die Moderne Auffassung der Quantenerscheinungen* (Berlin: J. Springer, 1936), p. 282.

إلا أن الدعوى على شاكلة إن النتائج الاحتمالية تفترض مقدمات احتمالية ـ مقدمات نظرية القياس مثلاً التي تدخل فيها بعض فروض التوزيع المتساوي ـ تدعم طرحي عبر المثال الذي أعطاه جوردان ولا تعارضها. ومن بين المنتقدين آنشتاين أيضاً فقد هاجمها في المقطع الأخير من رسالته الهامة، المعاد نشرها في الملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب. كان في ذهن آنشتاين على ما أعتقد تفسير ذاتي للاحتمال ومبدأ لا مبالاة (يظهر في النظرية الذاتية على شكل غياب أي فرض في التوزيع المتساوي). وقد قبل آنشتاين بعد مدة طويلة بالتفسير التواتري للميكانيك الكمومي ـ أو على الأقل حاول القبول.

السوائل (وخاصة المتعلقة بتكون الدوامات وما شابه) التنبؤ بمسار أي كم من الماء ـ زمرة من الجزئيات ـ وبالدقة المبتغاة إذا ما أعطينا الشروط على الحدود. ويمكننا بالتالي أن نفرض أن في مقدورنا أن نتنبأ، من أجل جزئية ما زالت بعيدة عن الشلال، عن الموضع الذي ستسقط منه وعن المكان الذي ستسقط فيه الخ. وهكذا فستتمكن مبدئياً من حساب مسارات جزئيات عديدة، بل ومن اشتقاق بعض التأرجحات الإحصائية المتوقعة للشلال فيما إذا وضع ما يكفي من الشروط على الحدود تحت تصرفنا. ونعني هنا التأرجحات الإحصائية الفردية وليس الانتظامات الإحصائية العامة أو التوزيعات الإحصائية العامة: نحتاج للتوصل إلى هذه الأخيرة إلى تقويمات إحصائية ـ أو على الأقل إلى القبول بأن بعض الشروط على الحدود لعدد كبير من جزئيات الماء تتكرر دوماً (قضية كلية). ولا نحصل على النتيجة الإحصائية إلا عندما نضع فرضيات إحصائية معينة، مثل فرض توزيعات التواتر لمختلف الشروط على الحدود.

71 ـ المنطوقات الاحتمالية الفردية صورياً

نقول عن منطوقة احتمالية إنها «فردية صورياً» إذا أسندت الاحتمال إلى حدث فردي أو إلى عنصر فردي من صف ما من الحوادث[46*]. كأن نقول مثلاً «إن احتمال وقوع 5 في رمية النرد القادم هو $\frac{1}{6}$». أو أن «احتمال وقوع 5 في كل رمية من هذا النرد هي $\frac{1}{6}$». تعتبر هذه المنطوقات من وجهة نظر نظرية التواتر غير صحيحة لأن الاحتمال لا يعزى إلى حوادث فردية وإنما إلى متتالية (لامنتهية) من الحوادث. إلا أنه من السهل إعطاؤها معنى إذا ما عرفنا المنطوقة الصورية بالاستعانة بمفهوم الاحتمال الموضوعي (التواتر النسبي). نرمز بـ $_{\alpha}W_{k}(\beta)$ إلى الاحتمال الفردي صورياً بأخذ الحدث المعين k، المعرف كعنصر من متتالية α ـ وبالرمز[77] $k \in \alpha$ ـ العلامة β ونضع تعريفاً

$$_{\alpha}W_{k}(\beta) = {}_{\alpha}H(\beta) \qquad k \in \alpha \quad (\text{تعريف})$$

ونقول إن الاحتمال الفردي صورياً بأخذ الحدث k، عنصر المتتالية α، العلامة β [163] يساوي تعريفاً الاحتمال الموضوعي للعلامة β في المتتالية المرجعية α.

(46*) تعبر كلمة فردية صورياً (formalistish) في النص عن فكرة الفردية في الشكل للقضية إلا أن معناها معرف فعلاً بالاستعانة بالمنطوقات الإحصائية. انظر الآن أيضاً الهامش رقم (48*) القادم، والإضافة ص 513 من هذا الكتاب.

(77) يعني الرمز . . $\in$ . . . أن العنصر. . . ينتمي إلى الصف.

سيظهر هذا التعريف، البديهي إلى حد بعيد، مدى خصوبته وسيساعدنا في توضيح بعض المشاكل العويصة في النظرية الكمومية الحديثة[78].

وكما يبين التعريف، لا تتم المنطوقة الاحتمالية الفردية صورياً إلا إذا حددت صفاً مرجعياً. ورغم أننا لا نسمي α صراحة فالمقصود بـ α واضح عادة. وهكذا لا يحتوي المثال الأول على إعطاء أي متتالية مرجعية إلا أنه في غاية الوضوح أن الأمر يتعلق بكل متتاليات رمي النرد بنرد «غير مغشوش».

يمكن في كثير من الحالات أن يكون لحدث ما عدة متتاليات مرجعية مختلفة، فمن البديهي عندئذ أن نعلن عن منطوقات احتمال فردية صورياً مختلفة لهذا الحدث. مثلاً يختلف احتمال موت امرئ ما [k] خلال فترة زمنية معينة بحسب نظرنا إليه كعنصر من صف مَنْ بلغوا سنه أو من صف أعضاء مهنته والخ. ولا توجد قاعدة عامة للاختيار بين مختلف الصفوف المرجعية الممكنة (قد يكون الصف المرجعي الأضيق هو الأصلح، بفرض أن يكون عدد عناصره كبيراً بما فيه الكفاية لجعل التقييمات الاحتمالية التي تعتمد على التقويمات الإحصائية موثوقة إلى حد ما).

تزول أغلب المفارقات المزعومة في نظرية الاحتمالات حالما نقبل بإسناد احتمالات مختلفة لنفس الحدث باختلاف انتمائه، كعنصر، إلى صفوف مرجعية مختلفة. يقال أحياناً إن احتمال الحدث k $_{\alpha}W_k(\beta)$ يختلف قبل وقوع الحدث عما هو عليه بعده. فالاحتمال قبل الحدث يمكن أن يكون $\frac{1}{6}$ بينما سيكون بعده مساوياً لـ 1 أو لصفر. وهذا طبعاً غير صحيح إطلاقاً ويبقى $_{\alpha}W_k(\beta)$ على حاله من قبل مثل من بعد. كل ما هنالك هو أنه يمكننا اعتماداً على إخبارنا بـ $k \in \beta$ (أو $k \in \overline{\beta}$) [وهو إخبار يستند على ملاحظة وقوع الحدث] اختيار صف مرجعي جديد وتحديداً β (أو $\overline{\beta}$) والسؤال مثلاً عن $_{\beta}W_k(\beta)$. هذا الاحتمال يساوي 1 طبعاً وكذلك الاحتمال $_{\overline{\beta}}W_k(\beta)$ يساوي 0. لا تغير المعلومات التي لا تأخذ شكل منطوقات تواتر وإنما شكل منطوقات عن الأحداث المنفردة مثل $k \in \varphi$ من الاحتمالات شيئاً. وكل ما يمكنها أن تفعله هو أن تفتح الطريق أمام اختيار صف مرجعي جديد.

يبني مفهوم الاحتمال الفردي صورياً جسراً يصلنا بالنظرية الذاتية (وبالتالي إلى نظرية ساحة اللعب كما سنرى في الفقرة التالية). لأننا في الواقع نتفق مع التفسير الذي يعطيه كينيز لقيمة الاحتمال الفردي صورياً بأنها «درجة العلم الموافق للعقل» ـ

(78) انظر الفقرتين 75 و76 من هذا الكتاب.

[164] شريطة الفرض أن المنطوق التواتري الموضوعي هو الذي يحدد العلم الموافق للعقل. لأنه هو «الإعلام» الذي يحدد درجة العلم. أو بعبارة أخرى، لا يكفي إعلامنا بانتماء حدث إلى صف مرجعي ما، يتحقق فيه تقويم معين للاحتمال، للتنبؤ بعلامة الحدث، ولكن يمكننا التعبير عن علمنا عبر منطوق احتمال فردي صورياً يظهر على شكل تنبؤ غير محدد عن الحدث الفردي موضع الحديث(47*).

ونحن ليس لدينا ما نقول ضد التفسير الذاتي لمعلومات الاحتمال المتعلقة بالأحداث الفردية ـ على أنها تنبؤات غير محددة، على أنها اعتراف بعدم علمنا التام بهذا الحدث الفردي (لا تقدم المنطوقات التواترية في واقع الأمر أي شيء عنه) ـ وليس لدينا ما نقول ضده طالما يعترف بأن المنطوقات التواترية هي الوحيدة الأساسية لأنها الوحيدة التي تخضع للاختبار التجريبي. ولكننا سنعترض حتماً على إضفاء صفة الموضوعية مباشرة على المنطوقات الاحتمالية الفردية صورياً، على التنبؤات غير المحددة، من دون المرور بالتفسير الموضوعي الإحصائي. وهكذا سنعترض على من يقول إن المنطوقة الاحتمالية $\frac{1}{6}$ برمي النرد ليست اعترافاً (ذاتياً) بأننا لا نعلم شيئاً علم اليقين وإنما هي أيضاً منطوقة (موضوعية) حول الرمية القادمة تفيد أن نتيجة الرمي موضوعياً غير محددة، ولا يمكن تعيينها وأنها شيء لم يبت به بعد(48*). ننظر إلى كل المحاولات من هذا القبيل الرامية إلى إعطاء تفسير موضوعي (كما ناقش هذا جينس بتفصيل) على أنها خاطئة. فهي وإن توشحت بوشاح اللاحتمية فإنها تقوم على التصور الميتافيزيائي، وبحسبه لا يتوقف الأمر عند مقدرتنا على استنتاج التنبؤات ومراقبتها وإنما يتعداه إلى اعتبار الطبيعة نفسها محددة نوعاً ما، «معينة» («أو غير معينة») على نحو يزيد أو ينقص بحيث لا [165]

(47*) أعتقد الآن أنه يمكن حل مشكل العلاقة بين مختلف تفسيرات نظرية الاحتمال بطريقة بسيطة، وذلك بأن نضع نظمة موضوعات أو مسلمات صورية وبأن نبرهن على أن مختلف التفسيرات تلتزم بها. ولهذا فإني أعتبر أن المقطعين الأخيرين (71 و72) في هذا الفصل متجاوزان في أغلبيتهما. انظر الملحق الرابع* وكذا الفصول الثاني*، والثالث* والخامس* من: **Popper, *The Postsrcipt to the Logic of Scientific Discovery*.**

وأنا مازلت أؤيد أغلبية ما كتبت هنا شريطة أن نفرض تعريف الصف المرجعي عبر تجهيز تجريبي كي نستطيع اعتبار التواترات كنتائج نزوعات إلى التحقق.

(48*) لا أرفض الآن الطرح القائل بإمكانية بقاء الحدث معلقاً وأعتقد أكثر من ذلك أن أفضل تفسير لنظرية الاحتمالات هو تفسيرها كنظرية لنزوع الأحداث نحو التحقق (على شكل أو آخر). ولكن اعتراضي ينصب على وجوب هذا التفسير أو بعبارة أخرى، أعتبر تفسير نظرية الاحتمال كقياس للنزوع نحو التحقق كفرض (كتخمين) نضعه حول بنية الكون ولا شيء سوى ذلك. انظر الإضافة ص 513 من هذا الكتاب.

نفسر تحقق التنبؤات بالقوانين التي قادت إلى اشتقاقها وإنما انطلاقاً من كون الطبيعة مبنية فعلاً وفق هذه القوانين (أو ضدها)[*49].

72 ـ حول نظرية الساحات

قارنا في الفقرة 34 بين التفنيد والاحتمال بالقول إن قضية درجة قابليتها للتفنيد أعلى من درجة قضية أخرى هي القضية «الأضعف احتمالاً منطقياً» وإن القضية الأقل قابلية للتفنيد هي القضية «الأكثر احتمالاً منطقياً». وهكذا تتضمن القضية التي يكبر فيها عدم الاحتمال المنطقي[79] القضية الأكثر احتمالاً منطقياً. يرتبط مفهوم الاحتمال المنطقي ارتباطاً وثيقاً بمفهوم الاحتمال العددي (الموضوعي أو الفردي صورياً). لقد حاول بعض نظريي الاحتمال (بولزانو، فون كريس، فايسمان) إبراز هذا الارتباط وأرادوا تأسيس حساب الاحتمالات انطلاقاً من مفهوم الساحة المنطقية، أي على مفهوم متطابق مع مفهوم الاحتمال المنطقي[80].

فقد اقترح فايسمان[81] قياس ارتباط الساحات المنطقية لمختلف القضايا بعضها ببعض (النسب بينها) بواسطة التواترات النسبية المقابلة لها. أي أن التواتر أصبح مترية لهذه الساحات. ونرى أنه من الممكن بناء نظرية الاحتمال على هذا النحو: ويصبح عندئذ لارتباط التواترات النسبية ببعض «المنطوقات غير المحددة» (التنبؤات غير المحددة) ـ الذي نفذناه في الفقرة السابقة عن طريق تعريف الاحتمال الفردي صورياً ـ مدلول مباشر.

إلا أنه لا بد من القول هنا إن هذه الطريقة لتعريف الاحتمالات لا تطبق إلا إذا كنا قد بنينا من قبل نظرية تواتر. وإلا فسيطرح السؤال عن كيفية تعريف «التواترات» المستعملة في تعريف المترية. أما إذا كانت نظرية التواتر جاهزة بين أيدينا فلا طائل كلياً عندئذ من نظرية الساحات التي أدخلناها. يبدو لنا على الرغم من هذه الاعتبارات أن التحقيق الممكن لاقتراح فايسمان ذو مدلول: إنه لأمر مرضٍ أن نرى التناقضات الظاهرية تختفي في نظرية أكثر شمولاً، ونقصد هنا مد الجسور، الذي كان يبدو مستحيلاً في البداية، بين مختلف المحاولات للإمساك

(*49) يناسب هذا التصور المعطى هنا والمحط من القيمة نوعاً ما تفكيري الحالي المعروض للنقاش في «الخاتمة الميتافيزيائية» لـ: *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery,* تحت عنوان «تفسير الاحتمال كقياس للنزوع نحو التحقق». انظر الإضافة ص 513 من هذا الكتاب.

(79) قارن بصورة عامة الفقرة 35 من هذا الكتاب.

(80) انظر الفقرة 37 من هذا الكتاب.

(81) Waismann, «Logische Analyse des Wahrscheinlichkeitsbegriffs,» pp. 128 f.

بالمشكل، ـ وعلى الخصوص التناقض بين التفسيرين الذاتي والموضوعي ـ؛ لا [166] شك في أن اقتراح فايسمان بحاجة إلى بعض الإصلاح: يفرض مفهوم نسب الساحات عنده[82] أنه معرف على نحو أعم من علاقات الصفوف الجزئية (التضمن) إذ يتعداها إلى مقارنة قضايا لا تتطابق ساحاتها إلا جزئياً (القضايا بدون قياس مشترك حسب 32-33). ولكن هذا الفرض يصطدم بصعوبات كبيرة ولا طائل منه؛ يمكننا التصرف على النحو التالي بأن نبيّن في البدء أننا عندما نأخذ الحالات المعنية (عدم الانتظام) بعين الاعتبار فإن مقارنة الصفوف الجزئية ومقارنة التواترات تسيران متماثلتين. وهذا ما يبرر ربط التواترات (كمترية) بالساحات. وهكذا تصبح، بفضل هذا المترية، القضايا بدون قياس مشترك في علاقات الصفوف الجزئية، قضايا مقيسة. لنشرح التبرير الذي ذكرناه شرحاً مبسطاً.

لنفرض بين صفي العلامتين γ وβ علاقة الصفوف الجزئية التالية

$$\gamma \subset \beta$$

إذاً

$$^{(83)}(k)\ [Fsb\ (k \in \gamma)] \geq Fsb\ (k \in \beta)$$

وهكذا يجب أن يكون الاحتمال المنطقي لساحة العلاقة $(k \in \gamma)$ أصغر من مثيله أو مساوياً له للعلاقة $(k \in \beta)$. وهما متساويان في حالة واحدة تصح فيها، بالنسبة لصف مرجعي α (يمكن أن يكون صف كل الصفوف) القاعدة التالية ـ التي تأخذ شكل قانون من قوانين الطبيعة ـ

$$(x)\ \{[x \in (\alpha\ .\ \beta)] \rightarrow (x \in \gamma)\}$$

وإذا لم يتحقق هذا «القانون الطبيعي» فسنقبل «بعدم الانتظام» في هذا الصدد وبتحقق عدم المساواة. ويجب عندئذ أن يتحقق في نفس الوقت ـ بفرض أن α عدودة وصالحة لاستعمالها كمتتالية مرجعية ـ

$${}_{\alpha}H(\gamma) < {}_{\alpha}H(\beta)$$

هذا يعني أنه يجب في حالة عدم الانتظام أن تسير مقارنة الساحات لقضايا ذات قياس مشترك ومقارنة التواترات النسبية على نحو متماثل جنباً إلى جنب.

---

(82) انظر الهامش رقم (2)، الفقرة 48 من هذا الكتاب.

(83) قارن الفقرة 33 من هذا الكتاب.

وعلينا أيضاً، بفرض أن «عدم الانتظام» هو السائد في هذه الحالات، ربط التواترات بنسب الساحات كمترية لها وهذا هو ما قمنا به فعلاً بشكل غير مباشر في الفقرة 71 بالاستعانة بالتعريف الذي أعطيناه للاحتمال الفردي صورياً؛ لأنه في مقدرونا، انطلاقاً من المعلومات المعطاة، استخلاص

$$_{\alpha}W_{k}(\gamma) < {}_{\alpha}W_{k}(\beta)$$

وهكذا نكون قد عدنا إلى نقطة الانطلاق، إلى مشكلة التفسير، إلى هذا النزاع العميق بين النظريتين الذاتية والموضوعية لنجد أنفسنا وقد أزلناه من الوجود بفضل التعريف، البديهي إلى حد ما، الذي أعطيناه للاحتمال الفردي صورياً.

[167]

الفصل التاسع

ملاحظات حول الميكانيك الكمومي

لقد زودتنا تحليلاتنا السابقة ـ وتحليلنا لمشكلة الاحتمال على وجه الخصوص ـ بأدوات سنختبرها الآن باستعمالها في إحدى المسائل المميزة للعلم الحديث وسنحاول توضيح بعض النقاط الأكثر غموضاً في النظرية الكمومية الحديثة بالاستعانة بالتحليل المنطقي.

مما لا شك فيه أن هذه الدراسة الطامحة إلى معالجة إحدى المشكلات المركزية في الفيزياء بطرق فلسفية أو منطقية ستثير حذر الفيزيائي. ومع أننا نقدر كل التقدير تشككه ونقر بصحة الأسس القائم عليها فإن الأمل يحدونا بمقدرتنا على التغلب فيها. ولعله من المفيد ألا يغيب عن بالنا هنا أن مسائل، منطقية في غالبيتها، تبرز في كل فرع من فروع العلم. ثم إن فيزيائيي النظرية الكمومية قد ساهموا بنشاط في المناقشات المتعلقة بنظرية المعرفة، وهذا يعني أنهم يشعرون أن حل بعض إشكاليات الميكانيك الكمومي يكمن في منطقة الحدود بين المنطق والفيزياء.

سنبدأ قبل كل شيء بعرض النتائج الأساسية التي سنصل إليها:

(1) إن الصيغ الميكانيكية الكمومية، المسماة ـ تبعاً لهايزنبرغ ـ بعلاقات عدم التحديد والتي تفسَّر على أنها تحديد للدقة التي يبلغها القياس هي في واقع الأمر منطوقات احتمالية فردية صورياً[1]. وعليه فلا بد من تفسيرها إحصائياً. وسنسمي هذه الصيغ المفسرة على هذا النحو علاقات التبعثر الإحصائي.

(2) لا تتعارض القياسات التي تتجاوز دقتها الدقة التي تسمح بها علاقات عدم التحديد مع هيكل الميكانيك الكمومي أو مع تفسيره الإحصائي. وهكذا إذا أمكن القيام يوماً ما بقياسات من هذا النوع فلن يدحض ذلك النظرية الكمومية.

(1) انظر الفقرة 71 من هذا الكتاب.

(3) وبالتالي فإن وجود حدود للدقة التي يمكن بلوغها ليس مشتقاً من النظرية وإنما هو مجرد فرض إضافي ومنفصل.

(4) ثم إن فرض هايزنبرغ الإضافي هذا يتعارض، كما سنبيّن، مع هيكل الميكانيك الكمومي إذا ما فسر هذا الهيكل إحصائياً. ونحن لن نكتفي بالبرهان على جواز قياسات أكثر دقة في الميكانيك الكمومي بل وعلى إمكانية إعطاء تجارب [168] ذهنية تثبت ذلك. (إن هذا التعارض هو في نظرنا منشأ كل الصعوبات التي تقف في وجه الصرح البديع الذي بنته الفيزياء الكمومية الحديثة. ألم يقل تيرينغ إن الفيزياء الكمومية «قد ظلت بالنسبة لمبدعيها، وباعترافهم لغزاً لا يفك»)[2].

سيتجنب بحثنا[3] الذي يمكن وصفه بالموضوعاتي الاستنتاجات والصيغ الرياضية ـ باستثناء علاقة واحدة ـ. وسنكون قادرين على ذلك لأننا لن نضع على بساط البحث صحة الهيكل الرياضي للنظرية الكمومية ولن ننشغل إلا بالنتائج المنطقية للتفسير الفيزيائي الذي أعطاه بورن للنظرية.

ومن جهة أخرى، وفيما يتعلق بالجدل القائم حول «السببية» فإننا سننأى بأنفسنا عن الميتافيزياء اللاحتمية الشائعة الآن: لا تتميز هذه الميتافيزياء عن الميتافيزياء الحتمية التي راجت إلى وقت قريب في أوساط الفيزيائيين بوضوح أكبر وإنما بعقم أكبر.

ورغبة مني في التوضيح فسيكون نقدي لاذعاً ولكني أود، حتى لا يساء فهم هذا النقد، أن يكون في علم الجميع أني أعتبر ما حققه مبدعو الميكانيك الكمومي الحديث من أعظم ما أنتجه الفكر العلمي[*1].

---

(2) Hans Thirring, «Die Wandlung des Begriffssystems der Physik,» in: Herman Franz Mark ... [et al.], *Krise und Neuaufbau in den exakten Wissenschaften: Fünf Wiener Vorträge* (Leipzig; Wien: Deuticke, 1933), p. 30.

(3) سنقتصر فيما يلي على معالجة مسائل تفسير المكانيك الكمومي مستثنين مشاكل حقول الأمواج (نظرية الإصدار والامتصاص لديراك؛ التكميم الثاني لمعادلات الحقل: حقل ماكسويل وحقل ديراك). نشير إلى هذا الاقتصار لأن حججنا المتعلقة بمسائل تفسير الميكانيك لا تصلح ـ هذا إن فعلت ـ إلا إذا طبقت بعناية وحذر شديدين على بعض المشاكل، كتفسير التكافؤ بين حقل أمواج مكمم وغاز جسيمات، على سبيل المثال.

(*1) لم يتغير رأيي بالنسبة إلى هذه النقطة أو بالنسبة إلى النقاط الرئيسية في انتقادي. ولكني عدلت تفسيري للنظرية الكمومية في الوقت الذي عدلت فيه تفسيري لنظرية الاحتمالات. توجد وجهة نظري الحالية في: Karl Popper, *The Postsrcipt to the Logic of Scientific Discovery*.
حيث أدافع عن اللاحتمية بغض النظر عن النظرية الكمومية. إلا أنني مازلت أرى أن الفصل التاسع من هذا الكتاب ما عدا الفقرة 77 المبنية على خطأ ـ على صواب وخاصة الفقرة 76 منه.

73 ـ برنامج هايزنبرغ وعلاقات عدم التحديد

انطلق هايزنبرغ عندما وضع الأسس الجديدة للنظرية الذرية من البرنامج الإبستمولوجي التالي(4): لقد أراد تخليص النظرية من كل المقادير التي لا تطولها الملاحظة التجريبية (أي تخليصها من العناصر الميتافيزيائية). يوجد هذا النوع من المقادير في نظرية بور التي انطلق منها هايزنبرغ، كمسارات الإلكترونات مثلاً؛ أو [169] على الأصح، لا يقابل تواتر دوران الإلكترونات على هذه المسارات شيئاً في المعطيات التجريبية (لأنها لا تتطابق مع تواترات الخطوط الطيفية الصادرة المرصودة). كان هايزنبرغ يأمل بنبذه هذه المقادير غير المرصودة التغلب على النواقص التي تعتري نظرية بور.

ويشبه هذا الوضع إلى حد ما الحالة التي وجد آنشتاين نفسه أمامها في فرضية تقلص لورانتس ـ فيتزجيرالد. ففي هذه النظرية ـ التي أرادت تفسير فشل تجربة مايكلسون ـ وجدت كذلك مقادير لا تطولها التجربة، كالحركات بالنسبة إلى أثير لورانتس الساكن. وهكذا وفي كلا الحالتين نجد أن النظريات المطلوب إصلاحها تشرح بعض السيرورات الطبيعية المرصودة ولكنها تحتاج إضافة إلى ذلك إلى فرض يصعب قبوله يقول بوجود سيرورات فيزيائية، ومقادير معينة، تخفيها الطبيعة عن أعين الباحث بأن تجعلها غير خاضعة إلى أي فحص تجريبي.

لقد بيّن آنشتاين أن كل السيرورات غير الرصودة في نظرية لورانتس قابلة للحذف. ويمكن القول نفسه في نظرية هايزنبرغ، فيما يتعلق بمحتواها الرياضي على الأقل. إلا أنه يبدو لنا أنه لم يفعل إلا القليل في هذا السبيل. فهايزنبرغ لم يتم برنامجه بأي حال من الأحوال بحسب التفسير الذي يعطيه لنظريته: لا تزال الطبيعة قادرة بمهارة على إخفاء بعض المقادير التي تتضمنها النظرية عن أعيننا.

يتعلق الأمر بعلاقات عدم التحديد، كما سماها واضعها هايزنبرغ، التي يمكننا شرحها على الشكل التالي: ينطوي كل قياس فيزيائي على تبادل طاقة بين الشيء المقيس وجهاز القياس (الذي قد يكون المجرب بالذات)؛ بأن ننير الشيء، علي سبيل المثال، بتوجيه شعاع ضوئي نحوه وأن يمتص جهاز القياس جزءاً من الضوء المنتشر من الشيء. يغير تبادل الطاقة من حالة الشيء بحيث يصبح بعد

---

(4) Werner Heisenberg, «Uber den Anschaulichen Inhalt der Quantentheoretischen Kinematik und Mechanik,» *Zeitschrift für Physik*, 33 (1925), p. 879.

سأرجع فيما يلي على الأغلب إلى: Werner Heisenberg, *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie* (Leipzig: S. Hirzel, 1930).

القياس مختلفاً عما كان عليه قبله. أي أن القياس في واقع الأمر يعرفنا على حالة خربتها سيرورة القياس. يمكن إهمال هذا التشويش عندما يتعلق الأمر بالأشياء الماكروية، ولكنه يستحيل ذلك بالأشياء الذرية التي يمكن أن تتأثر بشدة عند توجيه شعاع ضوئي نحوها على سبيل المثال. ولذا فإننا لا نستطيع الاستدلال بنتائج القياس على حالة الأشياء الذرية بعد القياس مباشرة، أي أن القياس لا يصلح كأساس للتنبؤ. يمكن طبعاً القيام بقياس جديد لتحديد حالة الشيء بعد القياس السابق ولكن هذا سيعيد كرة تشويش النظمة بشكل غير محسوب. نستطيع في حقيقة الأمر إعداد القياس للحيلولة من دون اضطراب بعض المقادير المميزة لحالة الشيء (كعزم الجسيم مثلاً)، ولكن هذا لن يتحقق إلا على حساب مقادير أخرى (وضع [170] الجسيم في مثلنا) التي تضطرب بشدة ترتفع بقدر إحكام القياس الأول. وهكذا نصح على هذه المقادير المترابطة فيما بينها القضية التالية: لا يمكن قياسهما بدقة في آن واحد (على الرغم من إمكانية قياس كل منهما على انفراد بدقة). وهكذا كلما ارتفعت دقة قياس أحد مقادير الحالة ولنقل مركبة العزم p_x (أي كلما ضاق مجال الخطأ Δp_x) كلما انخفضت دقة قياس مركبة الوضع x (أي كلما اتسع مجال الخطأ Δx). وتعين علاقة هايزنبرغ أكبر دقة متاحة[5]

$$\Delta x \, . \, \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$$

(وهناك علاقات مماثلة فيما يخص الإحداثيتين y وz).

تنص هذه العلاقة على أن الحد الأدنى لجداء مجالي الخطأ هو من رتبة ثابتة بلانك h (كم الفعل) وينتج عنها أن ثمن القياس المضبوط تماماً لأحد المقدارين هو عدم التحديد الكلي للمقدار الآخر.

وبما أن كل قياس للوضع يشوش، تبعاً «العلاقات عدم التحديد لهايزنبرغ»، قياس العزم فإنه يستحيل علينا من حيث المبدأ التنبؤ بمسار جسيم ما. «لا يمكن إعطاء مفهوم «المسار» أي معنى في الميكانيك الجديد..»[6].

تعترضنا هنا أولى الصعوبات: لا تخص علاقات عدم التحديد إلا مقادير الحالة التي أضفيت على الجسيم بعد القياس؛ أما حتى لحظة القياس فمن الممكن

---

(5) لاشتقاق هذه العلاقة، انظر الهامش رقم (18)، الفقرة 75 من هذا الكتاب.

(6) Arthur March, *Die Grundlagen der Quantenmechanik*, 2nd ed. (Leipzig: Joh. Ambr. Barth, 1931), p. 55.

تعيين وضع وعزم الإلكترون من دون أي تقييد للدقة، ويرجع ذلك إلى استطاعتنا القيام بعدة قياسات الواحد تلو الآخر. لننضد القياسات على النحو التالي أ) قياسين متتاليين للوضع، ب) قياساً للوضع يسبقه قياس للعزم وج) قياساً للوضع يتبعه قياس للعزم ولنحسب بدقة انطلاقاً من نتائج القياس الوضع والعزم أثناء الفترة الزمنية الفاصلة بين القياسين (أثناء هذه الفترة فقط في البداية)[7]. إلا أن هايزنبرغ يرى أنه لا يمكن استعمال هذه الحسابات للقيام بالتنبؤ: يستحيل التحقق منها تجريبياً لأنها لا تسري إلا على المسار بين تجربتين متلاحقتين ومن دون أي تدخل بينهما؛ إذ أن تنظيم اختبار ما لمراقبة المسار بين التجربتين سيشوش المسار وسيغيره مبطلاً بذلك [171] مفعول الحسابات الدقيقة التي أجريناها. يقول هايزنبرغ في هذا الصدد «إن عزو واقع فيزيائي ما لحسابات ماضي الإلكترون ليس سوى مسألة مزاج شخصي»[8].
ومن الواضح أنه يريد القول إن لا معنى في نظر الفيزيائي لحسابات المسارات غير المحققة وعلق شليك على هذه الجملة بقوله «أود أن أعبر بعزم، وأنا في هذا على اتفاق تام مع تصورات بور وهايزنبرغ الأساسية، التي لا أعتقد أن أحداً يعارضها، عما يلي: لا يمكننا إعطاء أي معنى لمنطوق يتعلق بوضع الإلكترون في الأبعاد الذرية إذا لم نستطع التحقق منه؛ ويستحيل التحدث عن «مسار» جسيم بين نقطتين «رُصد فيهما»»[9]. (أبدى مارش[10] وفايل[11] وغيرهما ملاحظات مماثلة). وعلى كل حال فقد رأينا أنه من الممكن حساب مثل هذه المسارات «عديمة المعنى» أو الميتافيزيائية في نطاق الهيكل الجديد مما يدل على أن هايزنبرغ لم ينفذ برنامجه كاملاً. لأن هذا الموقف لا يسمح إلا بواحد من تفسيرين: أولهما أن نقول إن للجسيم وضعاً وعزماً محددين (وبالتالي مساراً محدداً) ولكننا لا نستطيع قياسهما في آن واحد؛ أي أن الطبيعة، والحالة هذه، ما فتئت تفضل إخفاء بعض المقادير الفيزيائية عن أعيننا ـ فهي لا تخفي الوضع وحده أو العزم وحده وإنما تركيبة المقدارين «الوضع ـ العزم» أي المسار ـ. يرى هذا التفسير في مبدأ عدم التحديد

(7) سنولي العناية بالتفصيل إلى الحالة ب) في الفقرة 77 والملحق السادس من هذا الكتاب، وسنبيّن أنها تسمح لنا في بعض الحالات بحساب ماضي الإلكترون قبل القياس الأول (هذا ما يلمح إليه هايزنبرغ). *أعتبر الآن هذه الحاشية والفقرة 77 خاطئتين.

(8) Heisenberg, *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, p. 15.

(9) Moritz Schlick, «Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» *Die Naturwissenschaften*, 19 (1931), p. 159.

(10) March, *Die Grundlagen der Quantenmechanik*, pp. 1 f. and 57.

(11) Hemran Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, 2nd ed. (Leipzig: S. Hirzel, 1931), p. 68.

(انظر التنويه الأخير في الفقرة 75: «... معنى هذه المفاهيم... »).

تقييـداً لمعرفتنا، فهو إذاً (ذاتي). ثانيهما، وهو (تفسير موضوعي)، فهو يؤكد أن إسناد شيء «كالوضع-العزم» أو «مسار» للجزيء هو أمر غير مقبول، غير صحيح، وميتافيزيائي؛ فليس للجزيء مسار وإنما وضع دقيق يصحبه عزم غير دقيق أو عزم دقيق يصحبه وضع غير دقيق. يحتوي هيكل النظرية والحالة هذه على عناصر ميتافيزيائية لأننا رأينا أنه يمكننا في الواقع إجراء الحساب الدقيق للمسار، «للوضع-العزم» لفترات زمنية يستحيل خلالها، مبدئياً، إخضاع الجسيم إلى اختبارات رصد.

ولعلّه من المفيد إلقاء نظرة على تأرجح النقاش بين هذين التفسيرين. فشليك مثلاً ما لبث، بعد أن أيد التفسير الموضوعي كما رأينا، أن كتب يقول «أما فيما يخص السيرورات الطبيعية نفسها فمن المستحيل أن نعطي معنى للقول عنها إنها [172] مشوبة بنوع من «الالتباس» أو «عدم الدقة». ولا نستطيع عزو هذه العيوب إلا إلى إدراكنا (خاصة إذا كنا لا نعرف بالتأكيد أي المنطوقات حق...)». إن هذه الملاحظة موجهة بجلاء ضد التفسير الموضوعي الذي يفرض أن عزم الجسيم هو الذي «يتخربش»[*2]، وليست معرفتنا، نتيجة القياس الدقيق للوضع. ونجد تأرجحاً مشابهاً لدى العديد من المؤلفين. وسواء أقررنا الأخذ بالتفسير الموضوعي أو بالتفسير الذاتي فإن السؤال عن مدى تنفيذ هايزنبرغ لبرنامجه وطرده للعناصر الميتافيزيائية يبقى مطروحاً. ولن يفيدنا شيئا أن نحاول، كما فعل هايزنبرغ، توحيد التفسيرين حين لاحظ «.. لم تعد الفيزياء «الموضوعية» في هذا المعنى، أي الفصل التام والقاطع للكون بين الموضوع والذات، ممكنة»[12]. لم يحقق هايزنبرغ المهمة التي أخذها على عاتقه بتطهير النظرية الكمومية من العناصر الميتافيزيائية.

74 ـ التفسير الإحصائي للميكانيك الكمومي. عرض مختصر

طبق هايزنبرغ، عندما استنبط علاقات عدم التحديد، (متبعاً بور) الفكرة القائلة بوجود وسيلتين لتوصيف السيرورات الذرية وفق صورتين، إحداهما «نظرية كمومية جزيئية» والثانية «نظرية كمومية موجية».

هذا يعني أن النظرية الكمومية الحديثة قد تطورت باتباع طريقتين مختلفتين.

(*2) يعود هذا التعبير إلى شرودينغر. إن مشكلة الوجود الموضوعي «للمسار» أو عدمه ـ هل يتخربش، هل يتلاشى المسار أم أنه غير معروف بكامله وحسب ـ مشكلة أساسية في نظري وقد ألحت تجربة آنشتاين، بودولسكي وروزن على أهميتها. سنعرض لهذه التجربة الذهنية في الملحقين الحادي عشر* والثاني عشر* من هذا الكتاب.

(12) Heisenberg, *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, p. 49.

فقد انطلق هايزنبرغ من نظرية الجزيئات (الإلكترونات) التقليدية وأعاد تفسيرها لملاءمتها مع النظرية الكمومية بينما اتبع شرودينغر نظرية دوبري الموجية (وهي «تقليدية» أيضاً) وألحق بكل جزيء «باقة أمواج»، أي مجموعة من الأمواج الجزئية تتداخل وتتقوى داخل حيز ضيق وتتخامد خارجه. وقد بين شرودينغر أن ميكانيك الموجي مكافئ تماماً لميكانيك هايزنبرغ الكمومي.

لقد وجدت المفارقة القائمة على تكافؤ صورتين جد مختلفتين وهما صورة الجسيم وصورة الموجة حلاً لها بفضل التفسير الإحصائي الذي أعطاه بورن لكلا النظريتين: يمكن اعتبار النظرية الموجية كنظرية جسيمية وتفسير معادلة شرودينغر الموجية على نحو تعطينا فيه احتمال وجود الإلكترون في منطقة معينة من الفضاء. (يعين مربع سعة الموجة هذا الاحتمال وهو كبير داخل باقة الأمواج حيث تتقوى [173] الأمواج ولكنه ينعدم خارجها).

أدت ظروف عديدة إلى تبني التفسير الإحصائي لميكانيك الكم أي النظر إليه كنظرية إحصائية. فقد أصبح من الضروري على سبيل المثال، بعد أن وضع آنشتاين فرضية الفوتونات (أو كمات الضوء)، النظر إلى مهمة استنتاج الأطياف الذرية كمهمة إحصائية: تعتبر المفاعيل الضوئية المرصودة، من وجهة النظر الإحصائية، كظاهرة عددية أي ظاهرة ولدتها جسيمات الضوء الواردة. «لقد غدت الطرق التجريبية في الفيزياء الذرية. . . والخبرة توجهها، لا تولي اهتمامها إلا للمسائل الإحصائية. ينطبق الميكانيك الكمومي، وهو الذي يزودنا بالنظرية النسقية للانتظامات المرصودة، على الحالة الراهنة للفيزياء التجريبية كلياً، لأنه يقتصر منذ البداية على طرح أسئلة إحصائية وإعطاء أجوبة إحصائية»[13].

لا يعطي الميكانيك الكمومي نتائج مختلفة عن تلك التي يعطيها الميكانيك التقليدي إلا عندما نطبقه على ظواهر الفيزياء الذرية. أما عندما نطبقه على سيرورات ماكروية فإن صيغه قريبة جداً من صيغ الميكانيك التقليدي: «تبقى قوانين الميكانيك التقليدي صالحة من وجهة نظر النظرية الكمومية شريطة النظر إليها كعلاقات بين قيم وسطية إحصائية»[14]. أو بعبارة أخرى: يمكن اشتقاق الصيغ التقليدية كقوانين ماكروية.

يحاول البعض في عروضهم إعادة التفسير الإحصائي لميكانيك الكم إلى

(13) Max Born and Pascual Jordan, *Elementare Quantenmechanik* (Berlin: J. Springer, 1930), pp. 322 f.

(14) March, *Die Grundlagen der Quantenmechanik*, p. 170.

علاقات عدم التحديد لهايزنبرغ التي تضع قيوداً على دقة قياس المقادير الفيزيائية ذات الأبعاد الذرية، ويقولون إنه نظراً لعدم اليقين في القياسات في التجارب الذرية «... وبصورة عامة فالنتيجة ليست محددة. أي أن تكرار التجربة عدة مرات في ظروف متطابقة سيؤدي إلى نتائج مختلفة؛ أما إذا كررنا التجربة عدداً كبيراً من المرات فسنجد أن كل نتيجة منفردة قد تحققت بنسبة معينة من العدد الكلي للتجارب بحيث يمكننا القول إن هناك احتمالاً معيناً بالحصول على هذه النتيجة المنفردة عند إجراء التجربة» (ديراك)[15] وكذلك مارش فقد كتب في نفس الاتجاه «لا يبقى بين الماضي والمستقبل... إلا علاقات احتمالية ولذا يتضح ما يميز الميكانيك الجديد.. كنظرية إحصائية»[16].

[174] لا يمكننا القول إنه لا غبار على هذه المحاولة التي تربط بين علاقات عدم التحديد والتفسير الإحصائي للميكانيك الكمومي الذي نريد إعطاءه. بل يبدو لنا أن الصلة المنطقية بينهما منعكسة تماماً. لأن علاقات عدم التحديد مشتقة من معادلة شرودينغر الموجية (على أن تفسر إحصائياً) وليس العكس، أي المعادلة من العلاقات. وعلينا، إذا ما أردنا حساب صلة الاشتقاقية هذه، أن نعيد النظر في تفسير علاقات عدم التحديد.

75 ـ التفسير الإحصائي لعلاقات عدم التحديد

من المتفق عليه، منذ هايزنبرغ، أن كل قياس متزامن للوضع والعزم تفوق دقته ما تسمح به علاقات عدم التحديد مناقض لميكانيك الكم وأن «منع» قياس أكثر دقة مستنتج من الميكانيك الكمومي أو الميكانيك الموجي: فلو أمكن القيام بقياسات بدقة «ممنوعة» لوجب اعتبار النظرية مفندة[17].

---

(15) Paul Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics* = *Die Prinzipen des Quantenmechanik*, The International Series of Monographs on Physics (Oxford: The Clarendon Press, 1930) p. 10, and 3rd ed., 1947, p. 14.

(16) March, Ibid., p. 3.

(17) لن نتعرض هنا إلى انتقاد وجهة نظر ساذجة وواسعة الانتشار تقول إن أفكار هايزنبرغ تقيم الدليل القاطع على استحالة قياسات من هذا النوع. انظر على سبيل المثال: James Hapwood Jeans, *Die neuen Grundlagen der Naturerkenntnis* = *The New Background of Science*, Translated from English by Helene Weyl and Lothar Nordheim (Stuttgart; Berlin: Deutsche Verlags - Anstalt, 1934), p. 254: «لم يجد العلم مخرجاً من هذا المأزق. وعلى العكس فقد وجد ألا مخرج منه». من الواضح أنه لا يمكن إقامة دليل من هذا النوع، وما يمكن أن يطرأ في أحسن الأحوال هو استنتاج علاقة عدم التحديد من فرضيات الميكانيك الكمومي أو الموجي بحيث يمكن دحضه تجريبياً معها. ولا تستطيع التأملات فيما هو معقول أو مقبول ظاهرياً الوصول بنا إلى أي نتيجة حول هذه المسألة.

نعتقد أن وجهة النظر هذه خاطئة. حقاً إن صيغ هايزنبرغ ($\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$ إلخ) مستنتجة بصرامة من النظرية[18]، ولكن هذا لا يسري على تفسيرها كصيغ تضع قيوداً على دقة القياس بالمعنى الذي يراه هايزنبرغ. ولهذا فإن القياسات الأدق من تلك التي تسمح بها الصيغ لا تتعارض منطقياً مع الميكانيك الكمومي أو الميكانيك الموجي. يلزم علينا إذاً أن نفرق بين الصيغ، التي سنسميها اختصاراً «صيغ هايزنبرغ» وبين تفسيرها، من قبل هايزنبرغ نفسه، كعلاقات عدم تحديد أي كقيود مفروضة على الدقة المتاحة.

يجب علينا لاستنتاج صيغ هايزنبرغ رياضياً أن نستعمل المعادلة الموجية أو فرضية مكافئة لها أي فرضية قابلة للتفسير الإحصائي (كما رأينا في الفقرة السابقة). فوصف الجزئي المنفرد بباقة الأمواج في هذا التفسير هو في حقيقة الأمر منطوق احتمال فردي صورياً[19]. تعين سعة الموجة كما رأينا احتمال وجود الجزيء في [175] مكان معين. ولكن منطوق الاحتمال المتعلق بجزيء منفرد منطوق فردي صورياً. ونحن إذا قبلنا التفسير الإحصائي لميكانيك الكم فعلينا تفسير صيغ هايزنبرغ، المستنتجة من المنطوقات الفردية صورياً، كمنطوقات احتمالية ـ وكمنطوقات فردية صورياً أيضاً عندما يتعلق الأمر بالجزيء المنفرد؛ ولذا يجب، في نهاية المطاف، تفسيرها إحصائياً.

سنواجه الطرح الذاتي: «كلما قسنا وضع الجزئي بدقة كلما قلت معرفتنا بعزمه» بالموقف الموضوعي الإحصائي وسنعبر عنه على النحو التالي: لننتق فيزيائياً، بين مجموعة من الجزئيات، الجزئيات التي تحتل في لحظة ما موضعاً معيناً، إحداثيته x، وبدقة محددة سلفاً. ستتبعثر مركبات العزم بحسب هذه الإحداثية، p_x، عشوائياً ضمن نطاق Δp_x وسيتسع نطاق التبعثر Δp_x كلما ضاق Δx المحدد سلفاً، أي كلما ضاق مجال دقة انتقاء الوضع، وعلى العكس: لننتق فيزيائياً الجزئيات التي تقع مركبات عزمها على المحور x ضمن مجال محدد سلفاً Δp_x. ستتبعثر مركبات الوضع على x عشوائياً ضمن نطاق Δx وسيتسع هذا النطاق بقدر ما يضيق Δp_x، أي بقدر ما يضيق مجال دقة انتقاء العزم. وأخيراً: إذا أردنا انتقاء الجزيئات التي تتمتع بالخاصتين Δx وΔp_x في آن واحد فلا يمكن تحقيق هذا الانتقاء فيزيائياً إلا إذا كان المجالان كبيرين

---

(18) أعطى فايل اشتقاقاً مكيناً في: Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, pp. 68 and 345.

(19) انظر الفقرة 71 من هذا الكتاب.

بحيث تتحقق العلاقة $\Delta x \, . \, \Delta p_x \geq \frac{1}{6}$. سنسمي صيغ هايزنبرغ المفسرة على هذا النحو علاقات التبعثر الإحصائي[*3].

لم نشر بعد إلى القياس في تفسيرنا الإحصائي واقتصر حديثنا على الانتقاء الفيزيائي[20] وقد آن الأوان لتوضيح العلاقة بين هذين التعبيرين.

[176] نقول أننا أجرينا انتقاءً فيزيائياً إذا ما حجبنا، مثلاً خلف حاجز، كل جزيئات حزمة من الأشعة ما عدا تلك التي تمر عبر فتحة ضيقة منه أي عبر مجال مكاني Δx. ونقول عن الجزيئات المنتمية إلى هذه الحزمة المعزولة أنها انتقيت فيزيائياً أو تقنياً بحسب الخاصة Δx. سيبقى الوصف بالفيزيائي مقصوراً على هذا العزل وحده لتمييزه عن الانتقاء الذهني حيث لا يوجد حاجز يحجب الجزيئات بحيث يضم الانتقاء الجزئيات التي مرت أو ستمر عبر المجال Δx.

ومن الطبيعي أن نعتبر الانتقاء الفيزيائي قياساً وأن نستعمله لهذا الغرض[21]. فإذا انتقينا حزمة أشعة جزئيات بواسطة الفتحة وإذا قسنا بعد ذلك عزم أحد الجزيئات أمكننا اعتبار الانتقاء بحسب الوضع قياساً للوضع ما دام الانتقاء يعلمنا بمرور الجزيء من موضع ما (وإن كنا لا نستطيع معرفة زمن المرور أو لا نستطيع معرفته إلا بواسطة قياس آخر). ولكن العكس غير صحيح فليس كل قياس انتقاء فيزيائياً. لنتصور مثلاً شعاعاً وحيد اللون من الإلكترونات المتنقلة في اتجاه x، نستطيع بالاستعانة بعداد مسجل ملاحظة الإلكترونات التي تقع في موضع معين. نستطيع كذلك بمعرفة الفواصل الزمنية بين ارتطامات الإلكترونات بالعداد قياس المسافات بين الإلكترونات أي قياس وضع الإلكترونات المتنقلة في اتجاه x حتى لحظة الاصطدام. ولكننا لم نحقق بهذا القياس أي انتقاء للإلكترونات بحسب وضعها في اتجاه x. أما نتيجة القياس فهي توزيع عشوائي للوضع في اتجاه x.

(3*) ما زلت أؤيد التفسير الموضوعي المعروض هنا إلا أني أدخلت تعديلاً هاماً عليه. فبدلاً من الكلام على «مجموعة من الجزيئات» سأقول «مجموعة ـ أو متتالية ـ من التجارب المتكررة نقوم بها على جزيء واحد (أو نظمة من الجزيئات)». ويجب السير على هذا النحو في الفقرات القادمة. يجب على سبيل المثال إعادة تفسير شعاع الجزيئات كتجارب متكررة بجزيء أو بعدة جزيئات انتقيت بإخفاء الجزيئات غير المرغوب فيها، انظر الإضافة ص 513 من هذا الكتاب.

(20) كذلك يتكلم فايل، على سبيل المثال، على «الانتقاء»، انظر: Weyl, Ibid., pp. 67 f., ولكنه على خلافنا لا يرى تعارضاً بين القياس والانتقاء.

(21) نقصد بالقياس، وفقاً للاستعمال اللغوي الشائع لدى الفيزيائيين، لا القياس المباشر وحده وإنما القياس غير المباشر، بالحساب، أيضاً (وهو عملياً القياس الوحيد الذي نصادفه في الفيزياء).

يعني التطبيق الفيزيائي لعلاقات التبعثر الإحصائي ما يلي: إذا ما حاولنا بطريقة ما الحصول على مجموعة من الجزيئات المتجانسة قدر الإمكان فإننا سنواجه قيوداً أساسية تحددها علاقات التبعثر الإحصائي هذه. صحيح أنه يمكننا مثلاً بفضل انتقاء فيزيائي إنتاج حزمة أشعة وحيدة اللون ومتوازية، أي حزمة من الإلكترونات متساوية العزم، ولكننا سنفشل بالضرورة إذا ما حاولنا الحصول على مجموعة أكثر تجانساً بأن نحجب جزءاً من الحزمة بواسطة حاجز تشقه فتحة ضيقة لا تسمح إلا بمرور الأشعة ذات الوضع Δx، أي الحصول على جزيئات متساوية العزم مارة عبر الشق. وسبب الفشل أن كل انتقاء بدليل الوضع يشكل [177] تدخلاً في النظمة تبدأ معه مركبات العزم p_x بالتبعثر؛ وتزداد حدة هذا التبعثر بانتظام، [وفق صيغ هايزنبرغ]، كلما ضاق الشق. وبالعكس إذا انتقيت حزمة إلكترونات جزئية بدليل الوضع ـ بمرورها عبر الشق ـ وإذا حاولنا جعل هذه الحزمة وحيدة اللون ومتوازية فإننا مضطرون إلى التخلي عن الانتقاء بدليل الوضع لأننا لا نستطيع تجنب توسيع هذه الحزمة الجزئية إلى حزمة أشعة عريضة (وفي الحالة المثالية، إذا أردنا جعل مركبات p_x لكل الجزيئات مساوية للصفر فإننا مضطرون إلى جعل عرض الحزمة لا منتهٍ). سنسمي الانتقاء «انتقاءً نقياً» أو «حالة نقية»[22] عندما يكون التجانس فيه أكبر ما يمكن (أي عندما تصلح علامة التساوي في صيغ هايزنبرغ).

يمكننا انطلاقاً من هذه التسمية صياغة علاقات التبعثر الإحصائي على النحو التالي: لا توجد أي مجموعة للجزيئات يفوق تجانسها تجانس الحالة النقية[*4].

لم نعر حتى الآن أي اهتمام إلى المسألة التالية: يجب أن تقابل قابليةَ الاشتقاق الرياضي لصيغ هايزنبرغ من المعادلات الأساسية للميكانيك الكمومي

---

(22) استعمل هذا التعبير كل من فايل: Herman Weyl, *Zeitschrift für Physik*, 46 (1927), p. 1, وفون نويمان: John von Neumann, «Wahrscheinlichkeitstheoretischer Aufbau der Quantenmechanik,» *Göttinger Nachrichten*, 1(10) (1927), p 245.

وإذا عرفنا الحالة النقية حسب Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, p. 70, Max and Jordan, *Elementare Quantenmechanik*, p. 315, بأنها الحالة «...التي يستحيل إنتاجها بمزج تشكيلتين إحصائيتين مختلفتين عنها» فإن الحالات النقية التي ينطبق عليها هذا التعريف ليست انتقاءات بدليل العزم وحده أو الوضع وحده. يمكننا إنتاجها مثلاً بانتقاء بدليل الوضع وبدقة محددة سلفاً وبدليل العزم بالدقة العليا المسموح بها.

(*4) يجب إعادة صياغة هذه الجملة كما في الهامش السابق رقم (*3): «لا يوجد أي ترتيب تجريبي يتيح إنتاج مجموعة ـ أو سلسلة ـ من التجارب بحيث تكون نتائجها أكثر تجانساً من الحالة النقية».

بالضبط قابلية اشتقاق تفسير تلك الصيغ من التفسير الإحصائي لهذه المعادلات. وكما رأينا في الفقرة السابقة، فقد أعطى مارش وصفاً معاكساً تماماً للموقف: يبدو له أن التفسير الإحصائي للميكانيك الكمومي استتباع للحدود التي فرضها هايزنبرغ على الدقة. وفايل، من جهة أخرى، الذي اشتق بإحكام صيغ هايزنبرغ من المعادلة الموجية بعد أن فسرها إحصائياً، عاد لتفسير هذا الصيغ كحدود للدقة؛ وأثار الانتباه، في الوقت نفسه، إلى أن هذا التفسير للصيغ يعارض في بعض جوانبه تفسير بورن الإحصائي مقترحاً إصلاح تفسير بورن على ضوء علاقات عدم التحديد «ليس الأمر أن وضع وسرعة الجزيء خاضعان ببساطة إلى القوانين الإحصائية فقط وأن كلاً منهما يتعين بالضبط، على حده، في كل الحالات الفردية؛ وإنما الأرجح أن مدلول هذين المفهومين يتوقف على القياسات اللازمة لتعيينهما وأن قياساً دقيقاً للوضع يفقدنا إمكانية اكتشاف السرعة»[23]. [178]

إن التعارض الذي أبصره فايل بين تفسير بورن الإحصائي لميكانيك الكم وبين قيود هايزنبرغ المفروضة على الدقة قائم بالفعل ولكنه أشد بكثير مما يظنه فايل. إذ إنه من المستحيل اشتقاق القيود المفروضة على الدقة من المعادلة الموجية المفسرة إحصائياً؛ ليس هذا فحسب ولكن الأمر الذي يمكن اعتباره كحجة قاطعة لصالح التفسير الإحصائي لميكانيك الكم (وهذا ما سنبرهن عليه) هو أن النتائج التجريبية الحقيقية وكذلك الإمكانات لا تتوافق مع تفسير هايزنبرغ.

76 ـ قلب برنامج هايزنبرغ رأساً على عقب لإقصاء الميتافيزياء؛ وتطبيقات

عندما نفرض منذ البداية أن صيغ الميكانيك الكمومي تخصيصاً هي فرضيات احتمال، ومنطوقات إحصائية فلن نرى ما هي المحظورات المتعلقة بأحداث منفردة المستنتجة في نظرية من هذا النوع (ما عدا الحالتين القصويين اللتين يكون فيهما الاحتمال مساوياً للواحد أو للصفر). لذا نرى أن الاعتقاد بوجود تناقض بين قياسات النتائج المنفردة وصيغ الفيزياء الكمومية التي نريد تشييدها لا يقوم على أساس منطقي وهو لا يختلف في هذا عن الاعتقاد بوجود تناقض في منطوقات الاحتمال الفردي صورياً: بين $_{\alpha}W_k(\beta) = p$ (احتمال كون الرمي k مساو لـ 5 هو $\frac{1}{6}$) وبين إحدى القضيتين التاليتين: $k \in \beta$ (نتيجة الرمي k هي فعلاً 5) و $k \in \overline{\beta}$ (لم تكن نتيجة الرمي k 5).

---

(23) Weyl, Ibid., p. 68.

تزودنا هذه الاعتبارات البسيطة بوسيلة لدحض أي «إثبات» مزعوم للتناقض بين وجود قياسات دقيقة للوضع والعزم وبين ميكانيك الكم، أو للتناقضات في النظرية التي سيؤدي إليها حتماً مجرد الفرض بكون هذه القياسات ممكنة. ولما كان كل إثبات من هذا النوع سيطبق اعتبارات من الميكانيك الكمومي على جزيئات منفردة ويقتضي استخدام منطوقات الاحتمال الفردي صورياً، فمن الواجب علينا، إن صح التعبير، ترجمة الإثبات حرفاً حرفاً إلى اللغة الإحصائية. سنكتشف حينما نفعل ذلك أن لا تناقض بين القياسات المنفردة الدقيقة ـ التي نفرض إمكان القيام بها ـ وبين نظرية الميكانيك الكمومي المفسرة إحصائياً. وإنما هناك تناقض ظاهري بينها وبين المنطوقات الفردية صورياً. (ستفحص في الملحق الخامس مثلاً «إثباتاً» من هذا النوع).

[179] وإذا كان من الخطأ القول إن الميكانيك الكمومي يحظر القياس الدقيق فمن الصواب القول أنه لا يمكن اشتقاق تنبؤات منفردة مضبوطة من الصيغ الخاصة بميكانيك الكم والمفسرة إحصائياً. (لا نعتبر قوانين حفظ الطاقة أو حفظ العزم من بين هذه الصيغ). وهكذا، فإننا سنفشل، بشكل خاص بسبب علاقات التبعثر، في إنتاج شروط على الحدود معينة كيفما تعاملنا مع النظمة وكيفما كانت الانتقاءات الفيزيائية. ولما كانت التقنية الاعتيادية للمجرب مبنيّةً تحديداً على إنتاج شروط على الحدود فيمكننا انطلاقاً من علاقات التبعثر استنتاج القضية التالية (الصالحة للتقنية التجريبية الإنشائية[24] وحسب): يستحيل بالاعتماد على ميكانيك الكم القيام بتنبؤات فردية وإنما بتنبؤات التواتر فقط.

تلخص هذه القضية موقفنا من كل التجارب الذهنية التي ناقشها هايزنبرغ (تبعاً لبور أحياناً) والتي تهدف إلى البرهان على استحالة القيام بقياسات تتجاوز دقتها ما تسمح به علاقات عدم التحديد: ويتعلق الأمر في كل الحالات باستحالة التنبؤ بمسار جزي بعد عملية القياس بسبب التبعثرات الإحصائية.

قد يبدو للوهلة الأولى أن تفسيرنا لعلاقات عدم التحديد لم يقدم الكثير. فهايزنبرغ نفسه لا يقول شيئاً آخر سوى التأكيد على عدم تحديد التنبؤات، ولما كنا متفقين معه إلى حد ما في هذا الشأن، فقد يظن المرء أن خلافنا يدور أساساً حول المصطلحات وأننا لم نحرز أي تقدم. إلا أننا مؤمنون أن رؤيا هايزنبرغ ورؤيانا متعارضتان تماماً. وهـذا ما سيتضح بالتفصيل في الفقرة التالية. سنحاول، بانتظار

---

(24) هذا التعبير لفايل، المصدر نفسه، ص 67.

ذلك التخلص من المعضلات المميزة والملازمة لتفسير هايزنبرغ وتوضيح منشئها وأسباب ظهورها.

سنبدأ بمعالجة المسألة، التي أعاقت تنفيذ برنامج هايزنبرغ كما رأينا، والمتعلقة بوجود قياسات دقيقة للوضع والعزم أي بوجود حسابات دقيقة للمسارات في هيكل الميكانيك الكمومي[25]. اضطر هايزنبرغ إلى وضع «الحقيقة الفيزيائية» لهذه القياسات موضع الشك، بينما رفض آخرون (شليك مثلاً) وجودها. يمكننا تفسير التجارب محط السؤال أ)، ب) وج) إحصائياً. فالتركيبة ج) مثلاً أي قياس للوضع يتبعه قياس للعزم تتحقق بالتجربة التالية: ننتقي شعاعاً بدليل الوضع بواسطة [180] حجاب ذي شق. ثم نقيس عزم الجسيمات التي مرت من الشق في اتجاه معين (سيؤدي هذا القياس الثاني بطبيعة الحال إلى تشويش جديد للوضع). ستعين هاتان التجربتان المتتاليتان وبدقة مسار الجسيمات المنتمية إلى الانتقاء الثاني ونقصد هنا المسار بين التجربتين، وهذا يعني أنه من الممكن القيام بحساب دقيق للوضع والعزم بين التجربتين.

ونحن خلافاً لهايزنبرغ لا نرى أن هذه القياسات وحسابات المسارات غير مجدية. صحيح أنها لا تصلح كشروط على الحدود أو كمنطلق للتنبؤات إلا أنه لا غنى عنها عندما نريد التحقق من تنبؤاتنا وخاصة منها تنبؤات التواتر: إن ما تفيده علاقات التبعثر الإحصائي هو تبعثر العزوم عندما تتحدد المواضع بدقة والعكس بالعكس. لا يمكننا التحقق من هذا التنبؤ أو تفنيده إذا لم نكن قادرين على القيام بقياس وحساب مختلف توزيعات العزم فور انتقاء الوضع[*5].

---

(25) قارن الفقرة 73 من هذا الكتاب.

(*5) أرى في هذا المقطع (وكذا الجملة الأولى من المقطع التالي) أحد أهم عناصر النقاش الذي ما زال يحظى بموافقتي التامة. ونظراً لاستمرار سوء التفاهم فإني سأشرح المسألة شرحاً وافياً. تقتضي علاقات التبعثر أن تتبعثر العزوم عندما نقوم بانتقاء مضبوط للوضع (والأولى أن نقول إن العزوم المنفردة أصبحت غير متنبأ بها بدلاً من غير محددة بمعنى أننا نستطيع التنبؤ بتبعثرها). وهذا تنبؤ يمكن اختباره بأن نقيس العزوم الفردية ونحدد توزيعها الإحصائي. ستعطي هذه القياسات للعزوم الفردية (المؤدية بدورها إلى تبعثر جديد لا نتعرض له هنا) نتائج دقيقة قدر ما نشاء، وأدق في كل الأحوال من Δp ـ أي من العرض الوسطي لمجال التبعثر. تمكننا هذه القياسات من حساب قيمها في مكان انتقاء وقياس الوضع بواسطة الشق. و«حساب ماضي» الجزيء هذا أساسي (انظر الهامش رقم (7)، الفقرة 73 من هذا الكتاب) إذ لا نستطيع بدونه الادعاء بقياس العزم عقب انتقاء الوضع مباشرة وبالتالي الادعاء بالتحقق من علاقات التبعثر. وهذا ما نقوم به بالفعل في كل تجربة تكشف لنا ازدياداً في التبعثر تبعاً لتناقص عرض الشق. وهكذا فإن الذي «يتخربش» أو «يغبش» هو دقة التنبؤ وليس دقة القياس. انظر الإضافة ص 513 من هذا الكتاب.

إن النظرية المفسرة إحصائياً لا تنفي إذاً إمكانية القياسات المنفردة المضبوطة، بل على العكس فلو استحالت هذه القياسات لأصبحت النظرية غير محققة وبالتالي ميتافيزيائية. ينفذ على هذا النحو برنامج هايزنبرغ بإزالة العناصر الميتافيزيائية منها وإنما بطريقة تتعارض تماماً مع طريقته. فبينما كان يحاول حذف [181] المقادير التي يعتبرها غير رصودة (وهو ما لم ينجح به تماماً) فإننا نعكس المحاولة، إن صح التعبير، بأن نبيّن صحة الهيكل الذي يضم هذه المقادير لأنها ليست ميتافيزيائية. ويكفي أن نتخلى عن الحكم السبقي بتقييد الدقة الذي وضعه هايزنبرغ حتى تنعدم كل أسباب الشك في المدلول الفيزيائي لهذه المقادير. إن علاقات التبعثر هي تنبؤات تواتر تتعلق بالمسارات؛ يجب إذاً أن تكون هذه المسارات قابلة للقياس ـ كما في رمي النرد معطيا 5 الذي يستلزم التثبت التجريبي منه ـ إذا أردنا التحقق من تنبؤات التواتر المتعلقة بها.

يشير رفض هايزنبرغ لمفهوم المسار، وحديثه عن «المقادير غير الرصودة» من دون أدنى شك إلى تأثير الأفكار الفلسفية وخاصة الوضعية منها. وهكذا نقرأ عند مارش «قد يمكن القول من دون خشية من سوء التفاهم.. إنه ليس للجسم حقيقة، بالنسبة للفيزيائي، إلا لحظة رصده.. وبالطبع لا يبلغ الجنون بأحد إلى حد القول إن الجسم يتوقف عن الوجود في اللحظة التي ندير ظهرنا له، ولكنه لم يعد ابتداءً من هذه اللحظة موضوع بحث الفيزيائي لأنه لم يعد بالإمكان قول أي شيء عنه يعتمد على التجربة»[26]. وبعبارة أخرى إنه لا يمكن التأكد من صحة الفرضية القائلة إن الجسم يتحرك بحسب هذا المسار أو ذاك في الفترة التي لا يكون فيها مرصوداً؛ هذا واضح ولكنه لا يكتسي أي أهمية والأمر الحاسم في الموضوع هو أن الفرضية من هذا القبيل قابلة للتفنيد. ذلك أنه يمكننا اعتماداً على فرضية المسار التنبؤ بإمكان رصد الجسم في هذا المكان أو ذاك وهو تنبؤ دحوض. وسنرى في الفقرة القادمة أن ميكانيك الكم لا ينفي هذا النوع من الإجراءات. [إلا أن ما أوردناه هنا كاف إلى حد بعيد][*6] لأنه يذلل كل الصعوبات المرتبطة «بعدم مدلولية» مفهوم المسار. ولعل

---

(26) March, *Die Grundlagen der Quantenmechanik*, p. 1.

* لرايشنباخ موقف مماثل وسأنتقده في الملحق الثالث عشر* من هذا الكتاب.

(6*) لم ترد هذه الجملة في النص الأولي. أدخلتها هنا لأني لم أعد مقتنعاً بصحة تسلسل أفكار «الفقرة القادمة» 77 المشار إليها في الجملة السابقة، هذا من جهة، ومن جهة أخرى لأن كل الحجج الواردة في الفقرة الحالية مستقلة تماماً عن الفقرة 77: إنها تعتمد على الفكرة التي شرحناها للتو وهي أننا نحتاج إلى حساب مسار الإلكترون في الماضي للتحقق من التنبؤات الإحصائية، ولا يمكن بأي حال أن تكون هذه المسارات «عديمة المدلولية». انظر أيضاً عملي المشار إليه في الإضافة ص 513 من هذا الكتاب.

أفضل ما يرينا مدى اتضاح الموقف هو التذكير بالنتائج الجذرية المترتبة على رفض [182] مفهوم المسار والتي يصفها شليك كما يلي: «إن أوضح وأدق وصف للموقف هو القول (كما يفعل متصدرو البحث في المسائل الكمومية) إن صلاحية المفاهيم المكانية ـ الزمانية المعتادة مقتصرة على المرصودات الماكروية، وإنها غير سارية على الأبعاد الذرية»[27]. يشير شليك في غالب الأمر هنا إلى بور الذي كتب «من حقنا أن نفترض ـ بخصوص المشكلة العامة للنظرية الكمومية ـ أن القضية ليست مجرد تعديل لنظريتي الميكانيك والإلكتروديناميك (الكهرحركية) يستند إلى المفاهيم الفيزيائية المعتادة وإنما يتعلق الأمر بقصور سحيق للصور المكانية ـ الزمانية التي استعملناها حتى الآن في محاولة توصيف الظواهر الطبيعية»[28]. وقد اعتمد هايزنبرغ فكرة بور هذه، أي التخلي عن الوصف المكاني ـ الزماني، كأساس مبرمج لأبحاثه. وقد بدا النجاح الذي لاقاه كدليل على أن التخلي مثمر ولكنه لم يُنجز بأي حال. وعلى ما يظهر فإن لاستعمال المفاهيم المكانية ـ الزمانية ما يبرره على ضوء تحليلنا وإن بدا هذا الاستعمال شاقاً في كثير من الأحيان وغير مشروع إن صح القول. لقد بيّنا أن علاقات التبعثر الإحصائي هي في الواقع منطوقات عن تبعثر الوضع والعزم وكذلك منطوقات عن المسارات.

والآن وقد أثبتنا أن علاقات عدم التحديد هي منطوقات احتمال فردية صورياً فقد أصبح فك لغز تفسيريها الموضوعي والذاتي ممكناً: علمنا من الفقرة 71 أنه يمكن تفسير كل منطوق احتمال فردي صورياً تفسيراً ذاتياً كتنبؤ غير محدد، كمنطوق عن عدم يقين معرفتنا، ورأينا أيضاً متى تفشل الجهود ـ المبررة والضرورية ـ لإعطاء هذا النوع من المنطوقات تفسيراً موضوعياً: تفشل عندما نحاول استبدال التفسير الإحصائي الموضوعي بتفسير [فردي] موضوعي مباشرة وعندما نعزو عدم التحديد إلى الحدث المنفرد نفسه[*7]. يبدو أن السمة الموضوعية للفيزياء ستطرح على التساؤل إذا ما أخذنا بالتفسير الذاتي بكل معنى الكلمة لصيغ هايزنبرغ لأن ذلك يستوجب إتباعه بتفسير ذاتي لأمواج الاحتمال لشرودينغر. لقد استخلص جينس هذا

---

(27) Schlick, «Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» p. 159.

(28) Niels Bohr, *Die Naturwissenschaften*, 14 (1926), p. 1.

(*7) هذه هي إحدى المسائل التي غيرت رأيي فيها، انظر الفصل الخامس* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

إلا أن الخط العام لمحاججتي الداعية إلى التفسير الموضوعي يبقى على ما هو عليه. أعتقد الآن أنه من الممكن ومن الضروري تفسير نظرية شرودينغر لا كنظرية موضوعية وفردية وحسب وإنما كنظرية احتمالية أيضاً وفي آن.

اللزوم حين قال «وخلاصة القول إن صورة الجزيء تخبرنا أن معرفتنا بالإلكترون ستبقى بالضرورة غير محددة؛ أما صورة الموجة فكأنها تعني أن الإلكترون نفسه غير محدد سواء قمنا بقياسات عليه أم لم نقم. ويجب مع ذلك أن يبقى محتوى مبدأ عدم [183] الدقة واحداً في كلا الحالتين. ولا نملك سوى وسيلة واحدة للوصول إلى ذلك: يجب أن نقبل أن الصورة الموجية لا تزودنا بتمثيل للطبيعة الحقيقية وإنما بتمثيل لمعرفتنا بهذه الطبيعة»(29) فأمواج شرودينغر في نظر جينس هي أمواج احتمال ذاتية، هي أمواج معرفتنا. وهكذا نرى كيف غزت نظرية الاحتمال الذاتية كل الفيزياء وكيف أصبحت الاستنتاجات التي نقضناها ـ كاستخدام نظرية بيرنوللي «كجسر» يصل بين جهلنا وبين المعرفة الإحصائية(30) ـ أمراً لا مفر منه. يصوغ جينس موقف الفيزياء الحديثة ذا الطابع الذاتي على الشكل الآتي «واجه هايزنبرغ لغز العالم الفيزيائي معتبراً أنه لا حل للمشكلة الأساسية ـ طبيعة العالم الحقيقي ـ واكتفى بحل المشكلة الأصغر وهي تنظيم أرصادنا للعالم (إرجاعها إلى مخرج مشترك). فلا غرابة والحالة هذه أن تبدو لنا الصورة الموجية، حينما تنبثق، وقد اقتصرت على معرفتنا بالطبيعة من خلال أرصادنا». يتقبل الوضعي هذه الاستتباعات بترحاب ولكنها لا تزعزع أفكارنا حول الموضوعية: يجب أن تخضع منطوقات ميكانيك الكم الإحصائية إلى اختبارات بيذاتية (Intersubjectiv) متماثلة، كما هو عليه الأمر في كل المنطوقات الفيزيائية. (لا يحافظ تحليلنا البسيط على التوصيف المكاني-الزماني وحده وإنما على الطابع الموضوعي للفيزياء).

من المفيد الإشارة إلى أنه في مقابل التفسير الذاتي الذي أعطاه جينس لأمواج شرودينغر يوجد تفسير آخر هو التفسير الموضوعي [الفردي] مباشرة وغير الإحصائي. لقد اقترح شرودينغر نفسه في نشراته حول الميكانيك الكمومي الشهيرة تفسيراً موضوعياً غير إحصائي لمعادلته الموجية (وهو كما رأينا منطوق احتمال فردي صورياً): فقد حاول أن يطابق مباشرة الجسيم مع الباقة الموجية. أبرزت هذه المحاولة على الفور الصعوبات المميزة لهذا النوع من التفسير: إضفاء الموضوعية على عدم التحديد. لقد وجد شرودينغر نفسه ملزماً بقبول «خربشة» شحنة الإلكترون في الفضاء (تعين سعة الموجة كثافة الشحنة) ولكن هذا الفرض لا يتفق مع البنية الذرية للكهرباء(31). لقد حل تفسير بورن الإحصائي المشكل ولكن العلاقة

(29) Jeans, *Die neuen Grundlagen der Naturerkenntnis*, pp. 257 f.,
للتنويه التالي، انظر: المصدر نفسه، ص 258 وما يليها.

(30) انظر الفقرة 62 من هذا الكتاب.

(31) انظر على سبيل المثال: Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, p. 193.

المنطقية بين التفسيرين الإحصائي وغير الإحصائي بقيت غامضة وبقيت معها الصفات المميزة لمنطوقات احتمال فردية صورية أخرى مجهولة، مثلها مثل علاقات عدم التحديد، واستمر على هذا النحو تقويض أسس النظرية.

[184] نريد في الختام مناقشة تجربة ذهنية اقترحها آنشتاين[32] واعتبرها جينس كأحد أصعب فروع النظرية الكمومية الجديدة[33]. ونرى أن تفسيرنا يوضحها تماماً بل ويجعلها عادية[*8]. لنتصور مرآة نصف شفافة تعكس جزءاً من الضوء الوارد وتسمح بعبور جزء آخر وليكن الاحتمال (الصوري) بمرور فوتون (كم الضوء) عبر المرآة مساوياً لاحتمال انعكاسه أي أن: $_{\alpha}W_k(\beta) = {_{\alpha}W_k(\overline{\beta})} = \frac{1}{2}$. وتقويم الاحتمال هذا تعرفه كما رأينا احتمالات إحصائية موضوعية، أي أنه يحتوي على الفرضية القائلة بمرور نصف فوتونات مجموعة ما α عبر المرآة وبانعكاس نصفها الآخر. لنسقط فوتوناً معيناً k على المرآة ولنثبت بعد ذلك تجريبياً أنه انعكس عنها وهكذا «تغيرت» الاحتمالات ظاهرياً دفعة واحدة. «كانتا» قبل التجربة مساوية لـ $\frac{1}{2}$ «وقفزتا» فجأة بعد التثبت من الانعكاس إلى 1 و0. من الواضح أن هذا المثل ينطبق منطقياً على المثل الذي أعطيناه في الفقرة 71[*9]. أما وصف هايزنبرغ للتجربة فلا يوضح الموقف البتة فهو يقول «بفضل التجربة في موقع نصف الموجة المنعكسة... يحدث نوع من الفعل (اختزال باقة الأمواج!) يؤثر على النصف الآخر من الباقة مهما كان هذا النصف بعيداً»[34] ويضيف «ينتشر هذا الفعل بسرعة أكبر من سرعة

---

(32) انظر: Heisenberg, *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, p. 29.

(33) Jeans, *Die neuen Grundlagen der Naturerkenntnis*, p. 264.

(*8) أصبحت المسألة المعروضة تشتهر باسم مسألة الاختزال (المتقطع) لباقة الأمواج. لقد عبر لي بعض الفيزيائيين المبرزين عام 1934 عن موافقتهم على الحل العادي الذي أعطيته. إلا أن المسألة ما برحت تلعب دوراً مدهشاً، بعد ثلاثين عاماً، في النقاش الدائر حول النظرية الكمومية. لقد عدت وعالجت المسألة بالتفصيل في الفقرتين *100 و*115 من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*,

انظر كذلك الصفحات 502، 505، و513 من هذا الكتاب.

(*9) أي أن الاحتمالات لا «تتغير» إلا عندما نستبدل α بـ $\overline{\beta}$. ولذا يبقى الاحتمال $_{\alpha}W(\beta)$ مساوياً لـ $\frac{1}{2}$ ولكن $_{\overline{\beta}}W(\beta)$ يساوي الصفر طبعاً و$_{\overline{\beta}}W(\overline{\beta})$ يساوي الواحد.

(34) Heisenberg, *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, p. 29,

وعلى العكس يقول فون لاو حول هذه المسألة وهو على صواب: «لعله من الخطأ ربط الموجة بجسيم منفرد. وحالما ترتبط الموجة أساساً بجملة من الأجسام ذات النوع الواحد والمستقلة بعضها عن بعض تزول المفارقة»، انظر: Max von Laue, *Korpuskular und Wellentheorie*, Handbuch d. Radiologie; 6, 2nd ed. (Leipzig: Akad. Verlagsges, 1933), p. 79 of the offprint.

الضوء*. ولكن هذا لن يسعفنا في شيء: سيبقى الاحتمالان الأصليان $_{\alpha}W_k(\beta)$ و $_{\alpha}W_k(\overline{\beta})$ مساويين لـ $\frac{1}{2}$؛ لقد اخترنا تجريبياً صفاً مرجعياً آخر من الأحداث β و$\overline{\beta}$ بدلاً من α ـ بإعلامنا أن $k \in \beta$ أو $k \in \overline{\beta}$ ـ. فقولنا عن النتائج المنطقية لهذا التعيين إنها تنتشر بسرعة أكبر من سرعة الضوء ليس أفضل من قولنا إن جداء اثنين باثنين يساوي أربعة بسرعة أكبر من سرعة الضوء. أما أن يلاحظ هايزنبرغ أن انتشار الفعل بهذه السرعة لا يستطيع حمل أي إشارة، فهو أمر وإن كان صحيحاً فإنه لن يقدم شيئاً. [185]

تعطي هذه التجربة الذهنية دليلاً قاطعاً على ضرورة توضيح تعاريف وفروق مفاهيم الإحصاء والاحتمال الفردي صورياً. كما تبيّن لنا صراحة أنه لا يمكن معالجة مشاكل تفسير الميكانيك الكمومي إلا عن طريق التحليل المنطقي لمشاكل تفسير منطوقات الاحتمال.

77 ـ التجارب الحاسمة(*)

لقد حققنا حتى الآن النقطتين الأوليين من البرنامج الذي ناقشناه في مطلع الفقرة 73. لقد بينا (1) أنه من الممكن تفسير صيغ هايزنبرغ إحصائياً وبالتالي (2) فإن تفسيرها كتقييد للدقة ليس لزوماً منطقياً لميكانيك الكم، أي أن القياسات الأكثر دقة لا تناقضه(10*).

قد يقول قائل: حسناً جداً، يمكننا تفسير الميكانيك الكمومي على هذا الشكل ولكني لا أظن أن حججك قد مست باللب الفيزيائي لسلسلة أفكار هايزنبرغ وأعني استحالة التنبؤات الفردية الدقيقة.

= * تبنى آنشتاين تفسيراً مماثلاً: انظر الهامش رقم (10*) في الفقرة القادمة، والملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب.

(*) لقد حذفت التجربة الذهنية الموصوفة في المقطع الحالي لأنها مبنية على خطأ. لمعرفة منشئه، انظر الهامش رقم (1*) من ملحقي القديم السادس والنقطة 10 من الملحق الجديد الحادي عشر* من هذا الكتاب. (كان أول من انتقد الخطأ س. ف فون فايتسكر وآنشتاين في رسالته التي أوردتها في الملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب). انظر: Carl Friedrich Weizsäcker, *Die Naturwissenschaften*, 22 (1934), p. 807. لقد تخليت عن هذه التجربة ولم أعد أرى أنها حاسمة لأن التجربة الذهنية الشهيرة لآنشتاين، بودولسكي (Podolsky) وروزن (Rosen) تحل محلها لتأييد ما أطرحه. انظر الهامش رقم (8*) والملحقين الحادي عشر* والثاني عشر* من هذا الكتاب. تبقى سلسلة الأفكار الأخرى الواردة في الفقرات السابقة واللاحقة قائمة وغير متأثرة بسقوط هذه التجربة. وبما أن البعض قد انتقد إعادة نشر هذه الفقرة فإني أريد أن أؤكد هنا أن هذا النشر لا يغبطني ولكني أعتقد أن بعض القراء يريدون أن يروا الأخطاء التي ارتكبتها، كما أني لا أريد أن أتهم بالتستر على أخطائي وإخفائها عن الأنظار. انظر أيضاً ص 512، 513 من هذا الكتاب.

(10*) وبهذا تكون النقطة (3) من برنامجي قد تحققت هي أيضاً.

وسندع معارضنا يعطينا المثل الفيزيائي الآتي لشرح وجهة نظره:

[186] تخيل حزمة الكترونية مستقيمة في أنبوب مهبطي مثلاً؛ وليكن x منحى الحزمة. يمكننا القيام بعدة انتقاءات فيزيائية من هذا الشعاع كأن ننتقي مجموعة من الإلكترونات بحسب إحداثيتها x في لحظة ما وذلك بواسطة صمام نفتحه لفترة وجيزة وسنحصل إذن على زمرة من الإلكترونات تحتل حيزاً ضيقاً على الاتجاه x وستكون عزوم إلكترونات هذه الزمرة في اتجاه x (وبالتالي طاقاتها) متباينة جداً بحسب علاقات التبعثر. وبناء على ما بَينتَ، يمكننا التحقق من منطوقات التبعثر هذه وذلك بأن نقيس عزوم أو طاقات الإلكترونات المنفردة وبما أننا نعرف الوضع فإننا نكون قد عرفنا الوضع والعزم. يمكن القيام بقياس من هذا النوع بأن نجعل الإلكترونات تصطدم بصفيحة وتحرض الذرات فيها. وسنحصل، من جملة ما نحصل، على ذرات محرضة تفوق الطاقة اللازمة لتحريضها طاقة الإلكترونات الوسطية بكثير. وسأعترف إذاً بأنك على كامل الحق عندما تلح على أن هذه القياسات ممكنة وأنها ذات مدلول. إلا أن قياسات من هذا القبيل ـ وهنا يدخل اعتراضي ـ ستؤدي بالضرورة إلى اضطراب الكيان الذي نفحصه أي الإلكترونات المنفردة، أو الشعاع كله إذ قمنا بقياسات عديدة (كما في مثلنا). ومع أن معرفة مختلف عزوم إلكترونات الزمرة قبل أن تضطرب لن تنقض النظرية منطقياً (ما دمنا لا نستخدم هذه المعرفة للقيام بانتقاءات ممنوعة) إلا أننا لا نملك أي وسيلة للحصول على معرفة من هذا النوع تتعلق بالإلكترونات الفردية من دون تشويشها. والخلاصة أن التنبؤات الفردية [المضبوطة] مستحيلة.

لنقل منذ البداية إننا لن نستغرب فيما لو صح هذا الاعتراض: فمن الواضح أنه لا يمكن اشتقاق أي تنبؤ منفرد مضبوط من نظرية إحصائية وأن كل ما يمكن فعله هو استخلاص تنبؤات منفردة غير محددة (أي صورية). ولكن ما نجزم به هنا هو أن النظرية لا تحظر هذه التنبؤات وإن كانت لا تزودنا بها؛ لأنه لا معنى للحديث عن استحالة تنبؤات منفردة إلا إذا كان من الممكن البرهان على استحالة قياس متنبئ بسبب اضطراب النظمة.

سيجيب معارضنا: ولكن هذا هو رأيي وأنا أقول على وجه الخصوص [187] باستحالة القيام بمثل هذا القياس؛ تفرض أنه يمكن قياس طاقة أحد هذه الإلكترونات المتحركة دون أن يحيد عن وضعه ويخرج من زمرة الإلكترونات. وأنا أرى أن هذا الإدعاء ليس له ما يدعمه. فإذا كان لدي جهاز يتيح لي القيام بهذه القياسات فسأتمكن بفضله (أ) من إنتاج تراكمات إلكترونية محددة الوضع من جهة

و(ب) لها نفس العزم من جهة أخرى؛ وأنت نفسك تعتبر أن وجود مثل هذه التراكمات، أو الانتقاءات الفيزيائية يتعارض مع ميكانيك الكم لأن علاقات التبعثر كما تسميها تحظرها والرد الوحيد الذي يمكنك الإجابة به هو: يمكن وجود أجهزة نستطيع القياس بواسطتها ولكنها لا تمكّن من إنتاج انتقاءات. أقر بأن هذا الجواب مقبول منطقياً ولكن غريزتي كفيزيائي لن تقبل بقدرتنا على قياس عزوم الإلكترونات وبعجزنا في الوقت نفسه عن التخلص من الإلكترونات التي تتجاوز عزومها (أو تنقص عن) قيمة ما معطاة سلفاً.

قد تبدو الحجج المقدمة معقولة تماماً. إلا أنه لم يُعط بعد برهان صارم (ولن يعطى كما سنرى) للطرح القائل إنه إذا أمكن القيام بقياس متنبئ فالانتقاء الفيزيائي المقابل ممكن كذلك. وبالتالي فلا تثبت هذه الحجج تعارض التنبؤات المضبوطة مع الميكانيك الكمومي ولكنها تضيف فرضية جديدة يتكافأ بحسبها القول باستحالة إعطاء تنبؤات فردية مضبوطة (بالاتفاق مع تفسير هايزنبرغ) والفرضية القائلة باقتران القياسات المتنبئة بالانتقاءات الفيزيائية[35]. يتعارض تفسيرنا لميكانيك الكم مع النظمة النظرية المؤلفة من هذا الميكانيك مضافاً إليه فرضية الاقتران.

وهكذا نكون قد فرغنا من النقطة (3) ويبقى علينا تبيان النقطة (4): أي أن نبرهن على تناقض النظمة المؤلفة من المكانيك الكمومي المفسر إحصائياً (بما في ذلك قوانين حفظ الطاقة والعزم) ومن فرضية الاقتران. إن اقتران القياس بالانتقاء هو أحد الأفكار السبقية المترسخة في الأذهان. وهذا ما يفسر عدم نجاح الحجج البدائية التي تبرهن العكس حتى الآن.

نود الإشارة إلى أن الاعتبارات، الفيزيائية على الغالب، التي سنعرضها هنا ليست بفرضيات مقدمة لتحليلنا المنطقي لعلاقات عدم التحديد وإنما ثمار هذا [188] التحليل؛ لأن التحليل الذي قمنا به حتى الآن مستقل كذلك تماماً عما سيأتي وخاصة عن التجربة الذهنية الموصوفة أسفله[11*] والتي تهدف إلى البرهان على إمكانية التنبؤ وبالدقة المرغوبة بمسارات الجسيمات الفردية.

سنحضر لمناقشة هذه التجربة بتفحص بعض التجارب الأكثر سهولة والتي

---

(35) يمكن أن تظهر الفرضية الإضافية التي نتحدث عنها هنا على شكل آخر. ولكننا فضلنا هذه الصيغة لأن الاعتراض الذي يربط بين القياس والانتقاء الفيزيائي هو الذي واجه تفسيرنا المطروح هنا بالفعل ـ سواء في المناقشات الشفهية أو الكتابية ـ.

(11*) لقد ظن بعض الناقدين الذي رفضوا، وهم محقون، تجربتي الذهنية، أنهم قد دحضوا أيضاً التحليل السابق رغم التحذير الذي أعطيته هنا.

ستبيّن للتو أنه من الممكن التنبؤ بالمسارات بالدقة المرغوبة وإخضاعها من ثم إلى الاختبار. وبطبيعة الحال لن نأخذ بعين الاعتبار في البدء التنبؤات المتعلقة بالجزيئات المنفردة المحددة وإنما تلك المتعلقة بجزيئات تتميز بوجودها في حيز ضيق قدر ما نريد من المكان ـ الزمان (Δx، Δy، Δz، Δt) بحيث نستطيع أن نفرض في كل حالة احتمالاً معيناً بوجود جزيئات ينطبق عليها هذا التمييز.

وسنستعمل كما فعلنا سابقاً حزمة جزيئات متحركة في اتجاه x (حزمة إلكترونات أو حزمة أشعة ضوئية) ولكننا سنفرض في هذه المرة أن الحزمة وحيدة اللون: تلزم الجزيئات إذاً بالسير متوازية وبعزم معين في اتجاه x. نعرف مركبتي العزم في الاتجاهين الآخرين المساويين للصفر. والآن بدلاً من عزل زمرة من الجزيئات عن بقية الحزمة بوسائط تقنية (كما فعلنا أعلاه) فإننا سننتقي هذه الزمرة ذهنياً. نستطيع على سبيل المثال تركيز انتباهنا على زمرة الجزيئات التي لها الإحداثية x في لحظة معينة (وبدقة معطاة) والتي لا يتشتت وضعها إلا داخل الحيز المكاني Δx الصغير بقدر ما نريد. ونعرف بالتحديد عزم كل من هذه الجزيئات ونعرف بالتالي وفي كل لحظة أين ستوجد زمرة الجزيئات هذه (وواضح أن مجرد وجود هذه الزمرة لا يتعارض مع ميكانيك الكم ولكن الذي قد يتعارض معه هو الوجود المعزول للزمرة، أي إمكانية انتقائها فيزيائياً). يمكننا القيام بانتقاء ذهني مماثل للإحداثيين الآخرين: ستكون الحزمة المنتقاة في الاتجاه y أو الاتجاه z عريضة جداً (ولامتناهية في العرض إذا كان الشعاع وحيد اللون مثالياً) لأن العزم في هذين الاتجاهين قد انتقي بمنتهى الدقة مساوياً للصفر ومن هنا يأتي تبعثر الوضع القوي في هذين الاتجاهين. لنركز انتباهنا لانتقاء شعاع ضيق قدر ما نريد وسنعرف من جديد [189] الوضع والعزم معاً لكل جزيء من هذا الشعاع المنتقى. وسنستطيع بالتالي التنبؤ بموضع وبعزم كل من جزيئات هذا الشعاع المنتقى ذهنياً الساقطة على لوحة تصوير وضعت في طريق الشعاع ويمكننا بطبيعة الحال اختبار هذا التنبؤ تجريبياً (على نحو ما فعلنا في التجربة السابقة).

إن ما يصح على هذا النوع من الحالات النقية يصح أيضاً على الحالات الأخرى. يمكن على سبيل المثال أن ننتقي فيزيائياً بواسطة شق ضيق من حزمة أشعة وحيدة اللون شعاعاً ذا إحداثية y محددة (أي أننا سنعالج انتقاءً فيزيائياً وتقنياً يقابل الانتقاء الذهني الذي عالجناه في المثال السابق). لا نعلم شيئاً عن اتجاه سير أي من الجزيئات بعد خروجها من الشق؛ ولكننا إذا ما وجهنا اهتمامنا لاتجاه

معين فيمكننا حساب مركبة العزم وبدقة لكل الجزيئات التي سارت في هذا الاتجاه. وهكذا تشكل الجزيئات التي سارت في اتجاه معين بعد خروجها من الشق انتقاءً ذهنياً جديداً؛ أي يمكننا التنبؤ بوضعها وبعزمها أو باختصار بمسارها وهنا أيضاً يمكننا اختبار هذا التنبؤ بوضع لوحة على طريق هذا المسار.

والأمر لا يختلف هنا من حيث المبدأ، وإن كان التحقق التجريبي أصعب بقليل من حالة المثال الأول الذي ناقشناه والذي انتقيت فيه الجزيئات فيزيائياً في اتجاه طيرانها. هنا تطير الجزيئات بسرعة مختلفة بسبب تبعثر عزومها. وبالتالي تتباعد جزيئات الزمرة بعضها عن بعض ضمن مجال يزداد اتساعاً في اتجاه x مع مرور الزمن (تتطاير الباقة متباعدة). يمكننا في كل لحظة حساب عزم زمرة فرعية من الجزيئات انتقيت ذهنياً، تقع ـ في هذه اللحظة ـ في موضع معين من الاتجاه x: وكلما كان انتقاء الزمرة الفرعية بعيداً كلما كان عزمها كبيراً (وبالعكس). يمكن تحقيق الاختبار التجريبي للتنبؤات المعدة على هذا النحو بأن نستبدل لوحة التصوير بشريط متحرك مثلاً. وبما أننا نستطيع معرفة زمن تعرض كل موقع من الشريط لارتطام الإلكترونات فمن الممكن التنبؤ بالعزم الذي تصطدم به الإلكترونات بهذا الموقع. ويمكن التحقق من هذه التنبؤات بأن نثبت أمام الشريط المتحرك أو أمام العداد المسجل مرشحاً (في حالة الأشعة الضوئية؛ أو حقلاً كهربائياً عمودياً على اتجاه الحزمة متبوعاً بانتقاء اتجاه في حالة الإلكترونات) لا يسمح بالمرور إلا لجزيئات حدد عزمها سلفاً: ونتثبت عندئذ من وصول هذه [190] الجزيئات في الزمن الموائم أم لا.

لا تقيد علاقات عدم التحديد دقة قياسات هذه الاختبارات، لأن المفروض كما رأينا هو تطبيق هذه العلاقات على القياسات المستخدمة لاستنتاج التنبؤات وليس على القياسات المستخدمة لاختبار التنبؤات، أي أنها تنطبق على قياسات «تنبّئية» وليس قياسات «غير تنبئية». لقد تفحصنا في الفقرتين 73 و76 ثلاث حالات من القياسات غير التنبئية وهي أ) قياس وضعين، ب) قياس وضع سبقه قياس عزم وج) قياس وضع تبعه قياس عزم. أما القياس الذي درسناه هنا وحققناه بواسطة مرشح أمام الشريط السينمائي أو العداد المسجل فينتمي إلى الحالة ب): انتقاء عزم ثم قياس الوضع. وهذه هي الحالة التي تسمح حسب هايزنبرغ[36] بحساب ماضي الإلكترون. فبينما لا تسمح الحالتان أ) وج) إلا بحساب الزمن

(36) انظر الفقرة 73 من هذا الكتاب.

الفاصل بين القياسين فإن الحالة ب) تسمح بحساب مسار الإلكترون قبل القياس الأول الذي هو انتقاء للعزم لا يؤدي إلى اضطراب حالة الجزيء[12*]. يتساءل هايزنبرغ، كما نعلم، عن «الحقيقة الفيزيائية» لهذا القياس لأنه لا يمكننا من حساب عزم الجزيء إلا حين وصوله إلى موضع مقيس بدقة وفي لحظة مقيسة بدقة؛ ويبدو أنه ينقصه العنصر المكون للتنبؤ لأنه لا يتيح استخلاص نتائج يمكن اختبارها. ومع ذلك سننطلق من هذا القياس «غير التنبئي» ظاهرياً لبناء تجربتنا الذهنية التي ستبرهن على إمكان التنبؤ بدقة بوضع وبعزم الجزئي المنفرد.

وبما أننا سنستخلص نتائج مهمة من الفرضية القائلة إن قياسات دقيقة من النوع «غير التنبئي» ممكنة فمن المناسب معرفة ما إذا كانت هذه الفرضية مقبولة أم لا. وهذا ما سنفعله في الملحق السادس.

سنواجه في تجربتنا الذهنية مباشرة الحجج التي رأى فيها بور وهايزنبرغ أساساً لتفسير صيغ هايزنبرغ كقيود على الدقة. فقد بنيا هذا التفسير على استحالة تصور تجربة ذهنية تتيح قياسات (تنبئية) أكثر دقة. ولكن الواضح أن طريقة إقامتهما [191] للأدلة لا تستطيع استبعاد اكتشاف تجربة ذهنية تبرهن (بتطبيق القوانين والمفاعيل الفيزيائية المعروفة) على إمكانية هذه القياسات. ولما كان الاعتقاد قد ساد حتى الآن أن هذا النوع من التجارب يعارض بالضرورة هيكل الميكانيك الكمومي فقد جرى البحث في هذا الاتجاه وحده. ولكن تحليلنا المنطقي، الذي حقق النقطتين (1) و(2) فتح الطريق أمام تجربة ذهنية تبرهن على إمكانية القيام بقياسات دقيقة باتفاق تام مع ميكانيك الكم.

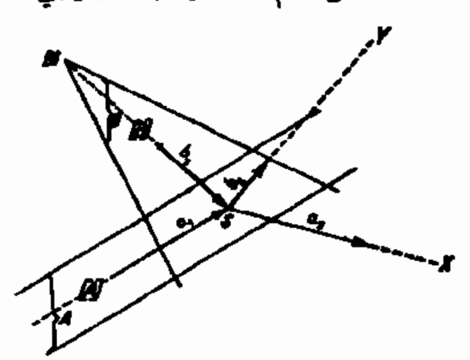
وسنستعمل لإنشاء هذه التجربة «الانتقاء الذهني» كما فعلنا سابقاً ولكننا سنختار هذه المرة انتقاءً يمكننا من معرفة ما إذا كان الجزيء المنتقى موجوداً فعلاً.

لا تعدو تجربتنا أن تكون بشكل ما أَمْثَلَةً (*Idealisierung*) لتجربة كونتون

(12*) انتقد آينشتاين وهو على حق هذا الادعاء (الذي حاولت بناءه على تحليلي في الملحق السادس) وهكذا انهارت تجربتي الذهنية. انظر الملحق السابع* من هذا الكتاب. والنقطة الهامة هنا أن القياسات التي لا تسمح بالتنبؤ لا تحدد المسار إلا بين قياسين، بين قياس للعزم مثلاً يتبعه قياس للوضع (أو على العكس)؛ وليس من الممكن بحسب النظرية الكمومية إسقاط التنبؤ على الماضي أي على المسار قبل القيام بالقياس الأول. وبالتالي فإن الفقرة الأخيرة من الملحق السادس غير صحيحة ولا نستطيع أن نعرف إذا كان الجزيء الواصل إلى x (انظر ما بعد) قد أتى من النقطة S أو من نقطة أخرى.

(Compton) ـ سايمون (Simon) وبوت (Bothe) ـ كايكر (Geiger)[37]. وبما أننا نريد الحصول على تنبؤات منفردة فلن نعتمد على الفرضيات الإحصائية البحتة؛ وقوانين انحفاظ الطاقة والعزم هي الأساس الذي تقوم التجربة عليه؛ وسنستعمل ظروف اصطدام جزيئين في ظل الفرض التالي: نعرف من بين المقادير الأربعة التي توصّف الاصطدام ـ أي العزمين a_1 و b_1 قبل الاصطدام وa_2 و b_2 بعد الاصطدام ـ مقدارين وإحدى مركبات مقدار ثالث[38] (هذا الحساب معروف من مفعول كونتون)[39].

الشكل رقم (2) الترتيب التجريبي



لنتصور الترتيب التجريبي التالي[40]: تتقاطع حزمتا جزئيات (إحداهما على الأكثر شعاع ضوئي وإحداهما على الأكثر مشحونة كهربائياً)[41]. وكلتاهما من [192] الحالات النقية فالحزمة A وحيدة اللون، أي أنها نتاج انتقاءٍ بدليل العزم a_1، والحزمة B منتقاة بدليل الوضع نتيجة مرورها عبر شق BI؛ ونفرض أن طويلة العزم هي $|b_1|$. ستتصادم بعض جزيئات هاتين الحزمتين واحدة مع الأخرى ولنتصور شعاعين ضيقين [A] و[B] يتقاطعان في نقطة ما ولتكن S. إن عزم [A] معروف

(37) Arthur H. Compton and Alfred W. Simon, *Physical Review*, 25 (1924), p. 439; Walter Bothe and Hans Geiger, *Zeitschrift für Physik*, 32 (1925), p. 639;

انظر أيضاً: Arthur H. Compton, *X-Rays and Electrons: An Outline of Recent X-Ray Theory* (New York: D. van Nostrand Company, 1926); *Ergebnisse der Exakten Naturwissenschaften*, 5 (1916), pp. 267 ff., and Arthur Erich Haas, *Atomtheorie*, 2 Völlig Umgearb. und Wesentlich verm. Aufl. (Berlin; Leipzig: W. de Gruyter & Co., 1929), pp. 229 ff.

(38) يجب فهم مركبة بالمعنى الواسع الاتجاه أو الطويلة (القيمة المطلقة).

(39) انظر: Haas, Ibid.

(40) انظر الشكل رقم (2).

(41) نتصور قبل كل شيء حزمة ضوئية وحزمة جسيمات لا على التعيين (إلكترونات، بوزونات، نوترونات). يمكن مبدئياً استعمال حزمتي جسيمات إحداهما على الأقل حزمة نوترونات.

وهو a_1 أما عزم [B] فسنعرفه حالما نختار اتجاهاً معيناً لـ [B] وليكن b_1 هذا العزم. لنختر الآن اتجاهاً SX ولنفرض أننا نستطيع مراقبة الجزيئات من [A] التي ستسير في هذا الاتجاه بعد التصادم. ويمكننا حينئذ حساب a_2 وb_2. يجب أن يقابل كل جزيء من [A] قد تبعثر في اتجاه X بعزم a_2 جزيء [B] وقد انحرف في اتجاه Y المحسوب وبالعزم b_2. لنضع الآن في اتجاه X جهازاً ـ عداداً مسجلاً أو شريطاً مصوراً ـ يسجل ارتطام الجزيئات، بعد قياس عزمها، الآتية من S في اتجاه X في موضع يمكننا تضييقه قدر ما نشاء. وهكذا يمكننا القول إنه حالما نأخذ علماً بالتسجيل فإننا سنعرف أن جزيئاً آخر مرتبطاً به يتجه من S في اتجاه Y بعزم b_2. سنعرف كذلك مكان وجود هذا الجزيء الآخر بأن نحدد من خلال معرفتنا لزمن ارتطام الجزيء الأول بالمسجل وكذا سرعته لحظة التبعثر في النقطة S. يمكن وضع عداد مسجل في اتجاه Y للتحقق من صحة التنبؤات[*13].

[193] لا تخضع دقة التنبؤات أو دقة القياسات التي أجريت للتحقق منها مبدئياً إلى أي تقييد من نوع علاقات عدم الدقة وذلك سواء تعلق الأمر بإحداثيات الوضع أو بمركبات العزم في الاتجاه SY. ذلك أن تجربتنا الذهنية ترجع مسألة دقة التنبؤات المتعلقة بالجزيئات [B] التي تبعثرت في S إلى مسألة دقة القياس (الذي يبدو للوهلة الأولى أنه لا يسمح بالتنبؤ) للجزئيات المقابلة [A] المتقدمة باتجاه X. وهذا القياس هو قياس للعزم في الاتجاه SX وقياس لزمن الورود (= الوضع في الاتجاه SX) ويمكن القيام به بالدقة المطلوبة (انظر الملحق السادس) بأن ننتقي العزم، قبل قياس الوضع، بواسطة حقل كهربائي أو مرشح نضعهما أمام العداد المسجل. وسينتج عن ذلك (كما سنرى هذا مفصلاً في الملحق السابع) عدم تقييد دقة التنبؤ للجزيئات [B] المتحركة في الاتجاه SY.

تسمح لنا هذه التجربة الذهنية بأن نرى أن التنبؤات المضبوطة المتعلقة

(13*) يستند آنشتاين، بودولسكي وروزن، على حجة أضعف من حجتنا ولكنها صالحة: لنفرض أن تفسير هايزنبرغ صحيح وأننا لا نتمكن من القياس الدقيق إلا لوضع أو عزم الجزيء الأول في الاتجاه X. نستطيع، إذا قسنا وضع الجزيء الأول أن نحسب حينئذٍ وضع الجزيء الثاني، وإذا قسنا عزم الجزيء الأول أن نحسب عزم الجزيء الثاني. ولما كنا نستطيع الاختيار بين قياس الوضع وقياس العزم في كل لحظة حتى وقوع التصادم فليس من المعقول افتراض تأثر أو اضطراب الجزيء الثاني نتيجة التعديلات التي يدخلها اختيارنا على الترتيب التجريبي. وفي النتيجة يمكننا حساب وضع أو عزم الجزيء الثاني بالدقة التي نريد من دون إدخال أي اضطراب عليه ونعبر عن ذلك بقولنا إن للجزيء وضعاً مضبوطاً وعزماً مضبوطاً. (قال آنشتاين إن الوضع كالعزم «حقيقيان»، مما تسبب بوصفه «بالرجعية»). انظر أيضاً الملحقين الحادي عشر* والثاني عشر* من هذا الكتاب.

بالجزيئات الفردية ممكنة، أي أنها تنسجم مع الميكانيك الكمومي. وأن نحدد الظروف التي يتحقق فيها ذلك: إنها ممكنة عندما نعرف حالة الجزيء من غير أن نكون قادرين على إحداثها بحسب رغبتنا. تحصل المعرفة في حقيقة الأمر بعد الحدث أي حين يكون الجزيء قد أصبح في حالة الحركة، إلا أننا نستطيع استخدام هذه المعرفة لاستنتاج التنبؤات ولاختبارها. (يمكن على سبيل المثال إذا كان الجزيء [B] فوتوناً أن نحسب زمن وصوله إلى النجم سيريوس). وبما أن ارتطامات الجزيئات تتوالى بغير انتظام في الموقع X فكذلك الأمر بالنسبة لمختلف جزيئات [B] المتنبأ بها فهي تبتعد بعضها عن بعض مسافات غير منتظمة (تتبعثر عشوائياً). ولو استطعنا تغيير ذلك بأن نجعل المسافات منتظمة لعارضنا الميكانيك الكمومي. يمكننا، إذا صح القول، تحديد الهدف وقوة الطلقة مسبقاً؛ يمكننا بالإضافة إلى ذلك (قبل إصابة الهدف في Y) معرفة لحظة الإطلاق في S بدقة؛ ولكن لحظة الإطلاق لا تعين اعتباطياً إذ يجب علينا انتظار خروج الطلقة؛ وأخيراً لا يمكننا على سبيل المثال منع صدور طلقات أخرى (من جوار S) غير خاضعة للمراقبة في اتجاه الهدف المحدد.

من الواضح أن تجربتنا تتعارض وتفسير هايزنبرغ؛ وبما أن إمكانية تحقيق التجربة مستنتجة من النظمة المؤلفة من الفيزياء الكمومية المفسرة إحصائياً ومن قوانين انحفاظ الطاقة والعزم فإن تفسير هايزنبرغ يتعارض مع هذه النظمة. ويبدو أن تجربتنا ممكنة التحقيق نظراً لتجارب كونتون-سايمون وبوت-كايكر؛ ويمكن اعتبارها تجربة حاسمة تفصل بين تفسير هايزنبرغ وتفسير إحصائي متسق للميكانيك الكمومي. [194]

78 ـ الميتافيزياء اللاحتمية

إن مهمة الباحث العلمي هي التفتيش عن قوانين تتيح له استنتاج التنبؤات. وتنقسم هذه المهمة إلى شطرين: يجب على الباحث أولاً التفتيش عن قوانين تمكنه من استنتاج تنبؤات منفردة (قوانين «ذات طابع سببي» وقوانين «ذات طابع حتمي»، منطوقات مضبوطة)، ويجب عليه ثانياً وضع فرضيات تواتر وقوانين احتمال تمكنه من استنتاج تنبؤات تواتر. ولا يوجد أي تعارض بين هاتين المهمتين؛ وواضح أنه من الخطأ الاعتقاد أنه يستحيل علينا وضع فرضيات تواتر عندما نصوغ منطوقات مضبوطة ذلك أن كثيراً من المنطوقات المضبوطة هي، كما رأينا، قوانين ماكروية مستنتجة من فرضيات تواتر. كما أنه من الخطأ الادعاء باستحالة صياغة منطوقات مضبوطة في مجال ما بسبب تحقق منطوقات تواتر في هذا المجال. ومع أن

الموقف تام الوضوح فإن كثيرين أخذوا خاصة بالدعوى الثانية التي رفضناها. وتجد على الدوام من يظن أنه حيث تسود العشوائية فلا محل للانتظام. لقد عالجنا هذا الحكم السبقي في الفقرة 69.

يصعب علينا نظراً للوضع الحالي للبحث أن نفترض أننا سنتغلب بسهولة على هذه الثنوية بين القوانين الماكروية والمكروية [المحققة كلها]. ومع ذلك فمن الممكن منطقياً إعادة كل المنطوقات المضبوطة المعروفة كقوانين ماكروية إلى منطوقات تواتر ولكن العكس غير ممكن. وقد رأينا في الفقرة 70 الاستحالة القطعية لاشتقاق منطوقات تواتر من منطوقات مضبوطة لأن الأولى تحتاج إلى فرضيات خاصة وإحصائية تخصيصاً: لا يمكن القيام بحساب احتمالات إلا انطلاقاً من تقويمات احتمالية(14*).

هذا هو الموقف المنطقي فهو لا يفسح المجال لا للإدراك الحتمي ولا للإدراك اللاحتمي: وحتى لو نجحنا يوماً في سد كل حاجات الفيزياء بمنطوقات تواتر وحسب فإن هذا لن يعطينا في أي حال الحق في استخلاص نتائج لاحتمية، بمعنى أنه لن يحق لنا الادعاء بعدم وجود قوانين مضبوطة في الطبيعة، بعدم وجود قوانين تتنبأ بمجرى السيرورات البدائية. يجب بالتالي ألا يقف في وجه الباحث [195] شيء يمنعه عن التفتيش عن مثل هذه القوانين كما أنه لا يحق لأحد أن يخلص إلى عدم جدوى البحث بحجة نجاح التقويم الاحتمالي.

قد لا تكون هذه الأفكار نتيجة التجربة الذهنية التي أنشأناها في الفقرة 77. بل لنفرض، على العكس، أن التجربة لم تدحض علاقات عدم الدقة (لسبب ما، لنقل لأن التجربة الحاسمة المذكورة في الملحق السادس قد حكمت ضد الميكانيك الكمومي)، لا يمكن عندئذٍ اختبار هذه العلاقات إلا باعتبارها منطوقات تواتر ولا يمكن التحقق منها وتعزيزها إلا على هذا الأساس. وبالتالي فلا يحق لنا بأي حال استخلاص نتائج لاحتمية من هذا التعزيز(15*).

ونحن نعتبر السؤال التالي: هل تحكم الكون قوانين مضبوطة أم لا؟ سؤالاً

(14*) إعترض آنشتاين على هذا التفسير في ختام رسالته الواردة في الملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب ومع ذلك ما أزال أؤمن بصحته.

(15*) ما زلت أرى أن هذا التحليل يقوم على أسس صحيحة: لا يمكننا أن نستخلص من نجاح منطوقات التواتر في لعبة رمي النقود أن الرميات الفردية لاحتمية. ولكننا نستطيع الدفاع عن ميتافيزياء لاحتمية بأن نستعرض الصعوبات والمتناقضات التي يمكن لهذه الميتافيزياء حلها.

ميتافيزيائياً. لأن القوانين التي نكتشفها هي على الدوام فرضيات نستطيع على الدوام أيضاً تجاوزها، كما نستطيع استنتاجها من تقويمات احتمالية. غير أن إنكار السببية لا يعدو كونه محاولة لإقناع الباحث بالعدول عن بحثه وقد بيّنا أعلاه أن هذه المحاولة لا ترتكز على أي حجة مقبولة. إن لما يسمى «بالمبدأ السببي» أو «القانون السببي» مهما تكن صيغته صفات تميزه كلياً عن القوانين الطبيعية. ولذا يجب علينا معارضة شليك الذي يقول: «. . . يمكن اختبار صحة القانون السببي على نفس النحو الذي نختبر فيه أي قانون طبيعي»[42].

وليست ميتافيزياء السببية سوى أقنمة ميتافيزيائية نموذجية لقاعدة منهجية لها ما يبررها وهي قرار الباحث بعدم التخلي عن التفتيش عن القوانين[*16]. وبناء [196] عليه، فلليمتافيزياء السببية مفعول مثمر أفضل بكثير من مفعول الميتافيزياء اللاحتمية ـ كتلك التي يمثلها هايزنبرغ مثلاً ـ فنحن نرى على أرض الواقع ما خلفته تعابير هايزنبرغ من آثار شالة للبحث كما أن دراستنا قد أطلعتنا على حقيقة مفادها أننا قد نغمض أعيننا عن الارتباطات والصلات، بما فيها الواضحة، إذا ما حشر في أذهاننا وباستمرار أن «لا معنى» للبحث عن هذه الارتباطات.

لا يمكن لصيغ هايزنبرغ وللمنطوقات المشابهة والتي لا تتعزز إلا بنتائجها الإحصائية أن تؤدي إلى استنتاجات لاحتمية. ولكن هذا لا يشكل بحد ذاته برهاناً على استحالة وجود قضايا تجريبية مؤدية إلى نتائج مشابهة، كأن نقول مثلاً إن القاعدة المنهجية التي ذكرناها للتو قاعدة فاشلة لأنه من العبث أو بلا معنى أو لأنه من «المستحيل» البحث عن القوانين وعن المنطوقات المنفردة[43]. ولكنه لا يمكن وجود قضية تجريبية ذات استنتاج منهجي تدفعنا إلى التوقف عن البحث. وبما أن

---

(42) Schlick, «Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» p. 155.

سأسرد هنا النص كاملاً: «لقد باءت جهودنا الرامية إلى إيجاد منطوق مكافئ للمبدأ السببي وقابل للاختبار بالفشل، وقادت كل محاولات الصياغة إلى جمل خاوية. غير أن هذه النتيجة لم تفاجئنا تماماً لأننا قلنا سابقاً إنه يمكن اختبار صحة القانون السببي على نفس النحو الذي نختبر فيه صحة أي قانون طبيعي؛ ولكننا بيّنا أيضاً أن قوانين الطبيعة، إذا ما حللت بعناية، لا تنطبع بطابع المنطوقات المنقسمة إلى حقيقية أو باطلة وإنما تمثل على الأصح «تعليمات» لتشكيل منطوقات من هذا النوع»! لقد دافع شليك سابقاً عن فكرة وضع المبدأ السببي وقوانين الطبيعة في صف واحد. وبما أنه كان يعتبر القوانين الطبيعية كقضايا أصيلة فقد اعتبر «المبدأ السببي» أيضاً كفرضية قابلة للتحقق التجريبي. انظر: Moritz Schlick, *Allgemeine Erkenntnislehre*, Naturwissenschaftliche; 1, 2nd ed. (Berlin: J. Springer, 1925), p. 374.

انظر أيضاً الهامشين رقمي (14) و(15)، الفقرة 4 من هذا الكتاب.

(*16) بخصوص الأفكار المعروضة هنا وفي بقية الفقرة، انظر الفصل الرابع* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(43) انظر الهامش رقم (2)، الفقرة 12 من هذا الكتاب.

هذه القضية تعريفاً لا تحتوي على عناصر ميتافيزيائية فمن اللازم ألا تحتوي على استتباعات لاحتمية إلا إذا كانت هذه الاستتباعات قابلة التفنيد(17*). ولا يمكن البرهان على عدم صحتها وتفنيدها إلاّ بوضع قوانين واستنتاج تنبؤات تعزز هذه القوانين. أما إذا ظهر الاستتباع اللاحتمي على شكل فرضية تجربية فعلينا إثباته أو تفنيده وهذا يعني أنه يجب علينا التفتيش عن قوانين وتنبؤات؛ ولا يمكننا الاستجابة إلى الدعوة الملحة بالتخلي عن البحث من غير التضحية بالطابع التجربي للفرضية. وهكذا فإن القبول بإمكانية وجود فرضية تجربية قادرة على إجبارنا على التخلي عن البحث عن القوانين مملوء بالتناقضات.

لا نبغي هنا الدخول بتفاصيل تبيّن أن محاولات البرهان على اللاحتمية ليست على هذا القدر من اللاحتمية في غالب الأحيان، بل هي محاولات لا تستطيع إخفاء نسقها الحتمي الميتافيزيائي، (فهايزنبرغ مثلاً يحاول أن يشرح سببياً استحالة وجود شرح سببي وعلة هذه الاستحالة)(18*). لنذكر هنا بالمحاولات الرامية إلى البرهان على أن علاقات عدم التحديد، مثلها كمثل قضية ثبات سرعة الضوء، تضع حاجزاً أمام إمكانات البحث، والرامية كذلك إلى تفسير التشابه بين [197] الثابتتين الطبيعيتين c وh، سرعة الضوء وكم الفعل لبلانك، كتقييد أساسي لإمكانات البحث، والرامية أخيراً إلى رفض طرح الأسئلة الداعية إلى تحسس ما وراء هذه الحواجز بدعوى أنها تطرح مشاكل ظاهرية لا معنى لها. وفي رأينا، هناك فعلاً تشابه بين هاتين الثابتتين c وh بمعنى أن الثابتة h مثلها مثل c بعيدتان كل البعد عن تقييد إمكانات البحث. لا تمنع قضية ثبات سرعة الضوء [وطبيعتها الحدية] البحث عن سُرَع تتجاوز هذه السرع ولكنها تقول إننا لن نجدها وتقول على وجه الخصوص إننا لا نستطيع إنتاج إشارات تنتشر بسرعة أكبر من c. وكذلك الأمر في صيغ هايزنبرغ فلا يجب تفسيرها كحظر على التفتيش عن «حالات فائقة النقاوة» وإنما كجزم أننا لن نجدها وأننا على وجه الخصوص لا نستطيع إنتاجها. إن حظر السرع التي تتجاوز سرعة الضوء وحظر الحالات فائقة النقاوة تتطلب من الباحث ـ كما تفعل نصوص تجربية أخرى ـ التفتيش مباشرة عن الظواهر الممنوعة ومحاولة تفنيدها لأنه بهذا وحده يستطيع اختبار النصوص التجربية.

(17*) رغم أن هذا صحيح كرد على الوضعيين إلا أنه مضلل على هذا الشكل لأنه يمكن أن يستتبع من منطوق قابل للتفنيد لوازم ضعيفة منطقياً بما في ذلك لوازم غير قابلة للتفنيد. انظر المقطع الرابع، الفقرة 66 من هذا الكتاب.

(18*) تتلخص حجته بالقول إن السببيّة مستحيلة لأننا ندخل الاضطراب إلى الشيء المرصود. ولكن هذا يعني: نظراً لوجود تفاعل سببي معين. انظر أيضاً ص 501-513 من هذا الكتاب.

يمكن فهم ظهور الميتافيزياء اللاحتمية من وجهة النظر التاريخية. لقد اتضح لنا مما سبق حجم الحظوة التي كانت الميتافيزياء الحتمية تتمتع بها عند الفيزيائيين. ولكن فشل محاولة استنتاج المفاعيل الإحصائية للطيف من منوال ميكانيكي للذرة، في الوقت الذي لم تكن الصلات المنطقية قد اتضحت بما فيه الكفاية، أدّى إلى أزمة الحتمية. أما اليوم فيبدو لنا هذا الفشل مفهوماً تماماً: لا يمكن اشتقاق قوانين إحصائية من منوال ميكانيكي غير إحصائي للذرّة. لقد بدا الأمر في ذلك الحين (1924 فترة زمن نظرية بور-كرامر) وكأن الاحتمالات تحل فجأة محل القوانين المضبوطة في آلية كل ذرة (منفردة). مما أدى إلى تزعزع صورة العالم الحتمية ـ وهنا أيضاً وقبل كل شيء لأننا عبرنا عن منطوقات احتمالية بشكل فردي صورياً. وقد نشأت اللاحتمية على هذه الأرضية كما نرى الآن مستعينة بعلاقات عدم التحديد لهايزنبرغ نتيجة سوء فهم لمنطوقات الاحتمال الفردية صورياً.

وكل ما يمكننا أن نطالب به هنا هو الآتي: لنحاول وضع قوانين مضبوطة ومقيدة وكذا موانع شريطة إخضاعها للتجربة قصد إفشالها؛ ولنتخل عن تقييد البحث بالمحظورات.

الفصل العاشر

[198]

التعزيز

لا يمكن التأكد من صحة النظريات إلا أنه من الممكن تعزيزها.

لقد جرت محاولات عديدة للابتعاد عن وصف النظريات «بالصحيحة» أو «الباطلة»، والاكتفاء بالقول عنها إنها «محتملة» احتمالاً كبيراً أو ضعيفاً. ولقد بُني منطق الاستقراء على وجه الخصوص على شكل منطق احتمال: يحدد الاستقراء درجة احتمال القضية ويؤكد مبدأ الاستقراء «صحة احتمال» القضايا المستقرأة ـ أو يجعلها محتملة وحسب، إذ قد لا تكون صحة مبدأ الاستقراء بالذات إلا احتمالاً. أما نحن فنرى أن مشكل احتمال الفرضيات برمته قد طرح طرحاً فاسداً. ولذلك فعوضاً من الحديث عن «احتمال الفرضيات» فإننا سنبحث عن الفحوص التي اجتازتها الفرضية بنجاح وعن مدى تعزيزها حتى الآن[*1].

(*1) أدخلت التعبيرين «تعزيز» و«درجة التعزيز» في كتابي لوضع مصطلح محايد يشير إلى درجة صمود فرضية ما أمام امتحانات قاسية. وأقصد بمصطلح محايد في هذا السياق تعبيراً يترك السؤال مفتوحاً هل تصبح الفرضية التي اجتازت الامتحان أكثر احتمالاً بالمعنى الذي يعطيه حساب الاحتمالات لذلك. أو بكلمات أخرى أحتاج إلى التعبير «درجة التعزيز» أساساً لمناقشة مدى تطابقه مع الاحتمال (سواء أكان ذلك بمدلول التفسير التواتري أو بمدلول نظرية كينز).

ترجم كارناب تعبيري «درجة التعزيز» الذي أدخلته بادئ الأمر في مناقشات حلقة فينا بدرجة الإثبات (Degree of Confirmation) وشاع استعمال هذا المصطلح بسرعة، انظر: Rudolf Carnap, «Testability and Meaning,» *Philosophy of Science*, 3 (1936), especially p. 427.

ولكني لا أحب هذا التعبير بسبب التداعيات المرتبطة به (فهو يقابل بالألمانية أثبت، أقسم، تحقق، وعزز). ولذا فقد اقترحت في رسالة إلى كارناب عام 1939 استعمال كلمة Corroboration بالإنكليزية (وهو ما اقترحه علي الأستاذ هـ ن. بارتون (Parton)). وبما أن كارناب قد رفض اقتراحي فقد قررت استعمال تعبيره لأني لا أعلق أهمية كبرى على المصطلحات. وهكذا فقد استعملت تعبيره Confirmation في سلسلة من النشرات. إلا أنني كنت مخطئاً فإن تداعيات Confirmation هامة وملحوظة مع الأسف. فما لبث كارناب =

79 ـ حول ما يسمى التأكد من صحة الفرضيات [199]

كثيراً ما أغفل أمر عدم إمكانية التأكد من صحة النظريات، فقد اعتاد الناس الحديث عن التأكد من صحة النظرية عندما يقع التأكد من صحة التنبؤات الناتجة منها. قد يعترفون أن التأكد هذا لا يخلو كليّاً من العيوب من وجهة النظر المنطقية وأن صلاحية القضية لا تنتج في أي حال من الأحوال من صلاحية استتباعاتها ولكنهم يرون في الوقت نفسه في هذه الحجج هموماً سطحية إلى حد ما. ذلك أنه وإن كان القول بأننا لا نستطيع أن نعرف عما إذا كانت الشمس ستشرق غداً أم لا صحيحاً بل وغثاً فيمكننا إهماله كما يقولون: إن الباب مفتوح أمام الباحث على الدوام لإدخال تحسينات على نظرياته أو لتفنيدها عن طريق تجارب من نوع جديد؛ إلا أنه لم يحدث قط أن فندت نظرية ما بسبب انهيار فجائي لأحد قوانينها المعززة أو أن أعطت التجارب القديمة يوماً ما نتائج جديدة. إن التجارب الجديدة وحدها هي التي تحسم أمر النظرية. وكذلك تبقى النظرية القديمة، وإن نسختها نظرية جديدة، حالة حدية لهذه الأخيرة تنطبق على الحالات التي كانت تصلح لها ولكن بالتقريب هذه المرة. والخلاصة أن الانتظام الذي يمكن مراقبته مباشرة تجريبياً لا يتغير. يمكن الاعتقاد، بطبيعة الحال، وهو أمر مقبول منطقياً، أنه سيتغير ولكن هذا لا يلعب أي دور في العلم التجريبي وفي منهجيته؛ وعلى العكس من ذلك تفترض المنهجية العلمية ثبوت السيرورات الطبيعية.

لهذه المحاكمة ما لها ولكنها لا تطولنا. فهي تعبر عن الاعتقاد الميتافيزيائي بوجود الانتظام في عالمنا (وأنا أيضاً أؤمن بذلك وإلا لما أمكن تصور أي فعل عملي)[*2]. إلا أن المسألة التي تشغلنا هنا، أي الأساس الذي يفسر لنا عدم إمكانية التأكد من صحة النظريات، فهي تقع إذا صح التعبير على مستوى يختلف تماماً عن مستوى هذا الاعتقاد: فبينما ترانا نرفض مناقشة هذا النوع من المحاكمات لعدم جدواها ـ وسنسلك السلوك نفسه في كل المسائل «الميتافيزيائية» المشابهة ـ فإننا نود أن نبين الأهمية المنهجية لعدم إمكانية التأكد من صحة النظريات ولذا ترانا نعارض المحاكمة السابقة حول هذه النقطة.

إننا نريد مناقشة ملاحظة واحدة في هذه المحاكمة وهي ما يسمى «بمبدأ

= أن استعمل Degree of Confirmation كمرادف («explicans») «للاحتمال». ولذا فإني لا أستعمل في نشراتي باللغة الإنكليزية إلا Degree of Corroboration. انظر أيضاً الملحق التاسع*، والفقرة 29* في: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(*2) انظر الملحق العاشر* من هذا الكتاب والفقرة 15* من: المصدر نفسه.

ثبوت الطبيعة العام». يعبر هذا المبدأ في نظرنا، ولو بشكل سطحي، عن طريقة منهجية وهي طريقة تشتق بسهولة من عدم إمكانية التأكد من الصحة[*3]. [200]

لنقبل أن الشمس لن تشرق غداً (ولكننا رغم ذلك سنبقى أحياء وستتابع عملنا العلمي). ولو وقع حادث من هذا القبيل فعلى العلم محاولة تفسيره، أي إسناده إلى القوانين. لا شك عندئذٍ في أن تعديلات جذرية ستطرأ على النظريات ويجب على النظرية الجديدة أن تأخذ الحادث الطارئ بعين الاعتبار. ليس هذا وحسب وإنما عليها أيضاً أن تتيح استخلاص كل خبراتنا التي سبقته منها. وهذا يعني من وجهة النظر المنهجية أننا قد استبدلنا هنا مبدأ ثبوت الحوادث الطبيعية بتطلب عدم تغير القوانين الطبيعية بالنسبة للفضاء أو للزمان. ولهذا نرى أنه من الخطأ القول إن الانتظام القانوني لا يتغير (وهو قول لا يمكن نفيه أو إثباته) وسنكتفي بالقول إننا نعرف القوانين الطبيعية بتطلب عدم التغير الذي أوردناه (وبتطلب عدم وجود أي استثناء لذلك). ولهذا فإن إمكانية تفنيد قانون معزز أمر مقبول من وجهة النظر المنهجية؛ فهي تتيح لنا النظر من خلال متطلباتنا من القوانين الطبيعية: إن مبدأ ثبوت الطبيعة العام ليس سوى تفسير ميتافيزيائي لقاعدة منهجية مثله مثل «مبدأ السببية» القريب منه.

تعتمد إحدى محاولات فهم هذه القضايا منهجياً على «مبدأ الاستقراء» الذي ينظم طريقة الاستقراء وينظم بالتالي التأكد من صحة النظريات، ولكنها محاولة فاشلة لأن لمبدأ الاستقراء طابعاً ميتافيزيائياً أيضاً. ولقد لاحظنا[1] أن القبول به كقضية تجربية سيؤدي إلى التقهقر اللامنتهي وأنه لا يمكن الأخذ به إلا على نحو موضوعاتي. ولن يكون لذلك محظور سوى النظر إلى مبدأ الاستقراء وفي كل الأحوال كقضية غير قابلة للتفنيد. فلو كان هذا المبدأ، وهو الذي يتيح الاستتباعات في النظرية، قابلاً للتفنيد لوجب تفنيده حينما تفند أول نظرية. فقد أدخلت استتباعات هذه النظرية بالاستعانة بهذا المبدأ كمقدمة يصح عليها ما يصح على التالية[*4] modus tollens: وهكذا سيفند كل تقدم علمي جديد مبدأ الاستقراء القابل للتفنيد. ولذا وجب إدخال مبدأ للاستقراء لا يفند. وهذا ما يؤدي بنا إلى اللامفهوم، [201] إلى حكم «قبلي» تركيبي أي إلى منطوق عن حقيقة الأشياء لا يمكن دحضه.

(*3) أقصد القاعدة التالية: على كل نظمة جديدة من الفرضيات أن تنتج الانتظامات القديمة المعززة أو أن تفسرها. سنعطي هذه القاعدة في المقطع التالي من النص.

(1) انظر الفقرة 1 من هذا الكتاب.

(*4) تتكون المقدمات في اشتقاق نظرية ما بحسب المفهوم الاستقرائي الذي نناقشه هنا من مبدأ الاستقراء ومن قضايا الرصد. ولكننا نقبل ضمناً أن قضايا الرصد لا تتزعزع وهي قابلة للاستعادة بحيث لا يمكن إرجاع فشل النظرية إليها.

هذا يرينا أن محاولة بناء نظرية للمعرفة، بناء منطق للاستقراء، تقوم على الاعتقاد الميتافيزيائي بالانتظام القانوني للعالم، بشرعيته، وعلى قابلية التأكد من صحة النظرية، تملي علينا اختيار أحد أمرين لا ثالث لهما التقهقر اللامنتهي أو الحكم القبلي.

80 ـ احتمال الفرضية واحتمال الحدث. نقد منطق الاحتمال

ألا يمكن للنظريات، بفرض عدم إمكانية التأكد من صحتها إطلاقاً، أن تكون موثوقة بدرجة قوية أو ضعيفة، أن تكون أكثر أو أقل احتمالاً؟ لعله من الممكن إرجاع السؤال عن احتمال الفرضية إلى السؤال عن احتمال الحدث وبالتالي جعله قابلاً للمعالجة الرياضية ـ المنطقية[*5].

قد تكون نظرية احتمال الفرضية قد قامت، مثلها مثل منطق الاستقراء عامة، على اللبس بين المسائل المنطقية والمسائل النفسانية. لا شك في أن شدة شعورنا بالاقتناع الذاتي تختلف بين مسألة وأخرى وأن درجة ثقتنا بوقوع التنبؤ الذي ننتظر منه تعزيز فرضية ما تتوقف، من بين ما تتوقف عليه، على مدى صمود الفرضية وتعززها حتى الآن. إلا أن هذه المسائل لا تخص نظرية المعرفة باعتراف منظري الاحتمال أنفسهم الصريح أو الضمني (رايشنباخ على سبيل المثال). إلا أنهم يرون أنه من الممكن اعتماداً على قرارات استقرائية عزو قيمة احتمال للفرضيات نفسها وإرجاع هذا المفهوم إلى احتمال الحدث:

ينظر إلى احتمال الفرضية في غالب الأحيان كحالة خاصة «لاحتمال المنطوق» العام، وليس هذا الاحتمال الأخير بدوره سوى تحول اصطلاحي لاحتمال الحدث. وهكذا نقرأ عند رايشنباخ[2] على سبيل المثال: «إن مسألة عزو الاحتمال إلى المنطوق أو إلى الحدث إنما هي مسألة اصطلاح. لقد اعتبرنا من الآن احتمال ظهور أحد وجوه النرد $\frac{1}{6}$ احتمال حدث إلا أنه يمكننا القول إن للمنطوق «يظهر الوجه 1» احتمالاً يساوي $\frac{1}{6}$».

لنعد إلى ما قلناه في الفقرة 23 لفهم هذا التطابق بين احتمال الحدث واحتمال المنطوق. فقد عرفنا «الحدث» آنذاك كصف للقضايا الخاصة مما يسمح [202]

(5*) تحتوي هذه الفقرة (80) أساساً نقداً لمحاولات رايشنباخ تفسير احتمال الفرضية بالاستعانة بنظرية تواتر لاحتمال الحدث. ونرجئ نقد كينيز إلى الفقرة 83 من هذا الكتاب.

(2) Hans Reichenbach, «Kausalität und Wahrscheinlichkeit,» *Erkenntnis*, 1 (1930), pp. 171 f.

لنا بالحديث عن احتمال القضايا عوضاً من احتمال الأحداث والنظر إلى ذلك كمجرد تغيير لطريقة التعبير. أما المتتاليات المرجعية فإننا سنفسرها كمتتاليات قضايا. لننظر إلى تناوب ما أو بالأحرى إلى عنصريه الممثلين بقضيتين كأن نقول مثلاً لتوصيف ظهور الوجه في رمية النقود «k رمية وجه» وعدم ظهوره بنفي هذه القضية. نحصل على هذا النحو على متتالية من القضايا من الشكل: p_j، p_k، $\overline{p}_l$، p_m، $\overline{p}_n$ . . . حيث نصف أحياناً القضايا p_i بالقضايا الصحيحة والقضايا $\overline{p}_i$ بالباطلة. ويمكن تفسير الاحتمال في تناوب ما بأنه التواتر النسبي لصحة القضايا في متتالية القضايا[3] بدلاً من التواتر النسبي للعلامة.

وهكذا يمكننا إذا شئنا تسمية مفهوم الاحتمال المعدل على هذا النحو «احتمال القضايا» (رايشنباخ) وربطه بمفهوم «الصحة»: لنأخذ متتالية من القضايا ولنفرض أن هذه المتتالية قد قصرت إلى حد اقتصارها على قضية واحدة بحيث لا يأخذ احتمال هذه المتتالية أو تواتر صحتها إلا القيمتين 1 و0: حسبما تكون القضية «صحيحة» أو «باطلة». وبهذا تصبح «صحة القضية» أو «بطلانها» حالة خاصة من الاحتمال وبالمقابل فإن «الاحتمال تعميم لمفهوم الصحة» لأنه يحتويه كحالة خاصة. ويمكن أخيراً تعريف عمليات تستند إلى تواترات الصحة وتحتوي كحالة خاصة على «عمليات الحقيقة» المعتادة في المنطق التقليدي وتسمية الحساب الذي تمثله هذه العمليات منطق الاحتمال[4].

هل يمكننا الآن مطابقة احتمال الفرضية مع «احتمال المنطوق» المعرف على هذا النحو وبالتالي مطابقته بصورة غير مباشرة مع احتمال الحدث؟ نعتقد أن هذه المطابقة قائمة على التباس: إذ يظن المرء أنه ما دام احتمال الفرضية «نوعاً من احتمال المنطوق» فإنه يدخل ضمن التعريف الذي أعطيناه أعلاه لهذا المفهوم الأخير. إلا أنه لا مبرر لهذا الظن والمصطلح غير مناسب إلى أبعد حد. والأفضل [203]

(3) يرجع هذا التعبير إلى كينيز، انظر: John Maynard Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit* = *A Treatise on Probability* (Leipzig: Joh. Ambr. Barth, 1926), pp. 81 ff.

أما تعبير تواتر صحة. . Truth frequency فهو لوايت هيد؛ انظر الهامش القادم.

(4) نرسم هنا الخطوط العريضة لإنشاء منطق الاحتمال كما طوره رايشنباخ (Hans Reichenbach, «Wahrscheinlichkeitslogik, Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften,» *Physik.-Mathem. Klasse*, 29 (1932), pp. 476 ff.), بعد أ. ل. بوست (Emile L. Post, «Introduction to a General Theory of Elementary Propositions,» *American Journal of Mathematics*, 43 (1921), p. 184), وبعد نظرية التواتر لفون ميزس. إن شكل نظرية التواتر لوايت-هيد المعطى من قبل كينيز شبيه بنظرية فون ميزس. (Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit*, pp. 81 ff.).

هو عدم استعمال مصطلح «احتمال المنطوق» للحديث عن احتمال الحدث في أي حال من الأحوال[6*].

ونحن نقول إن المسائل المرتبطة بمفهوم احتمال الفرضية لا تمسها في شيء الاعتبارات المتصلة بمنطق الاحتمال. فقولنا عن فرضية إنها غير صحيحة وإنما «محتملة» لا يمكن تحويله في أي حال من الأحوال إلى منطوق عن احتمال الحدث.

وفي واقع الأمر إذا حاولنا إرجاع هذا المفهوم بالاستعانة بمفهوم متتالية القضايا وجب علينا طرح السؤال: كيف يمكننا أن ننسب إلى فرضية ما قيمة احتمال وبالرجوع إلى أي متتالية قضايا؟ يطابق رايشنباخ بين دعوى العلوم الطبيعية أي بين الفرضية نفسها ومتتالية القضايا ويقول: «... تمثل دعاوى العلوم الطبيعية، وهي ليست في أي حال من الأحوال منطوقات منفردة، متتاليات قضايا لا ننسب إليها، إذا ما فكرنا في الأمر بدقة، قيمة الاحتمال 1 وإنما قيمة أقل من ذلك. ولهذا فإن منطق الاحتمال وحده هو الذي يتيح التمكن المتين من الصور المنطقية لمفاهيم المعرفة في العلوم الطبيعية»[5]. لنحاول الآن تبني وجهة النظر القائلة إن الفرضيات نفسها هي متتاليات القضايا: قد نفهم من ذلك أن القضايا الخاصة التي تعارض هذه الفرضية أو تؤيدها هي حدود متتالية القضايا هذه. وسيعين احتمال الفرضية عندئذ بواسطة تواتر صحة القضايا الخاصة التي تؤيدها وسيكون احتمال الفرضية مساوياً لـ $\frac{1}{2}$ إذا ما عارضتها وسطياً قضية من اثنتين في المتتالية! يمكن القيام [204] بمحاولتين لتجنب هذه النتيجة الكارثية[7*]: أن ننسب مثلاً للفرضية احتمالاً ما غير محدد بدقة معتمدين بذلك على تقدير نسبة الامتحانات التي نجحت فيها الفرضية حتى الآن إلى الامتحانات التي لم تخضع لها بعد (تقدير تواتر نسبي) ولكن هذا

(6*) ما زلت آخذ بالطروح التالية: (أ) لا يمكن تفسير «احتمال الفرضية» بواسطة تواتر الصحة؛ (ب) من الأفضل وصف الاحتمال المعرف بواسطة التواتر النسبي ـ تعلق الأمر بتواتر الصحة أو بتواتر الحدث ـ «باحتمال الحدث»؛ (ج) ليس ما يسمى باحتمال الفرضية (بمعنى إمكانية قبول الفرضية) حالة خاصة «لاحتمال المنطوق». إلا أني أود الآن النظر إلى احتمال المنطوق كأحد التفسيرات الممكنة العديدة لحساب الاحتمالات الصوري وأقصد التفسير المنطقي بدلاً من النظر إليه كتواتر صحة. انظر الفقرة 48، والملحقات الثاني*، الرابع*، والتاسع* من هذا الكتاب وكذا: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(5) Reichenbach, «Wahrscheinlichkeitslogik, Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften,» p. 488.

وص 15 في النشرة الخاصة.

(7*) نفرض هنا أننا ما زلنا متمسكين بقرارنا إعطاء الاحتمال 0 للفرضية المفندة على نحو قاطع ولهذا فإن المناقشة تقتصر على الحالات التي لم نستطع فيها الوصول إلى هذا النوع من التفنيد القاطع.

أيضاً يقودنا إلى طريق مسدود لأنه من الممكن حساب هذا التقدير بالضبط وإعطاؤه القيمة 0. يمكننا أخيراً محاولة إقامة التقدير على نسبة الامتحانات المواتية للفرضية إلى الامتحانات اللامبالية ـ التي لا تعطي نتيجة واضحة ـ (سنحصل في واقع الأمر على مؤشر للشعور الذاتي بالثقة التي يمنحها الفيزيائي المجرب لنتائجه). تفشل هذه المحاولة، حتى ولو غضضنا النظر عن ابتعاد هذا التقدير ابتعاداً كبيراً عن مفهوم تواتر الصحة وعن احتمال الحدث، القائمين على النسبة بين القضايا الصحيحة والقضايا الباطلة، ويستحيل مطابقة قضية لامبالية مع قضية باطلة موضوعياً ـ ويعود الفشل إلى أننا بتعريفنا لاحتمال الفرضية على هذا الشكل قد أعطينا للمفهوم طابعاً ذاتياً في كل الأحوال: يتوقف احتمال الفرضية على تكوين المجرب المدرسي أكثر بكثير من توقفه على النتائج القابلة للتحقق منها موضوعياً.

وعلى كل حال فإنه من المستحيل في نظرنا اعتبار الفرضية متتالية قضايا. قد يكون هذا ممكناً لو كانت كل القضايا الكلية من الشكل «يصح من أجل كل قيمة لـ k: أن يحدث في الموضع k كذا وكذا» لأنها لو أخذت هذا الشكل لأمكن اعتبار القضايا القاعدية المعارضة والمؤيدة منها للقضية الكلية حدوداً في متتالية القضايا التي تعرفها القضية الكلية. إلا أننا رأينا[6] أن القضايا الكلية ليست على هذا الشكل والقضايا القاعدية لا تشتق منها[8*]. ولذا فلا يمكن اعتبارها متتالية قضايا قاعدية. وعلى العكس إذا ما حاولنا أخذ متتالية نفي القضايا القاعدية المشتقة من القضايا الكلية بعين الاعتبار فسيعطينا التقدير من أجل كل فرضية غير متناقضة الاحتمال 1 للفرضية. لأن ذلك سيقتضي اعتماد نسبة القضايا القاعدية المنفية المشتقة (أو [205] القضايا المشتقة الأخرى) غير المفندة إلى مثيلتها المفندة أي أننا بدلاً من اعتماد «تواتر الصحة» سنعتمد قيمة «تواتر البطلان» المتممة. وستساوي هذه القيمة 1 لأن صف القضايا المشتقة وكذا صف القضايا القاعدية المنفية المشتقة صفان غير منتهيين في حين أنه لا يمكن الاعتراف إلا بعدد محدود من القضايا القاعدية

(6) انظر على سبيل المثال الفقرتين 15 و28 من هذا الكتاب.

(8*) إن القضايا المنفردة المشتقة من النظرية ـ القضايا الآنية ـ لا تتسم بطابع القضايا القاعدية أو قضايا الرصد وهذا ما شرحناه في الفقرة 28 من هذا الكتاب. إلا أننا إذا قرنا اعتماد احتمال فرضيتنا على تواتر الصحة في متتالية من هذه القضايا وجب عندئذ إعطاؤها الاحتمال 1 على الدوام ولو فندت النظرية مرات عديدة. ذلك أننا رأينا في الهامش رقم (2*)، الفقرة 28 من هذا الكتاب، أنه من الممكن التأكد من صحة كل النظريات تقريباً بواسطة كل القضايا الآنية تقريباً (أي بواسطة كل المواضع k). يتضمن التحليل التالي في النص تسلسلاً مماثلاً للأفكار يعتمد على مفهوم القضايا الآنية (أي نقيض القضايا القاعدية) ويبيّن على نحو مفارق أن احتمال أي فرضية تعتمد على هذه القضايا الآنية يساوي الواحد.

المفندة، وهكذا وحتى إذا أهملنا استحالة أن تكون القضايا الكلية متتالية قضايا ونظرنا إليها وكأنها كذلك أو ألحقنا بها متتاليات من قضايا خاصة قابلة للبت فيها تماماً فإننا لن نصل إلى أي نتيجة.

يبقى علينا الآن النظر في إمكانية أخرى تختلف كلياً عما سبق تقيم احتمال الفرضية على مفهوم متتالية القضايا. لنذكر أننا قلنا عن حدث منفرد إنه محتمل صورياً إذا كان حداً في متتالية أحداث باحتمال معين. وقد يحاول المرء على نفس الشكل القول عن فرضية إنها «محتملة» إذا كانت حداً في متتالية فرضيات باحتمال معين. ستفشل هذه المحاولة أيضاً ـ بغض النظر كلياً عن صعوبة تحديد المتتالية المرجعية (بالمواضعة!)[7] ـ لأنه يستحيل الحديث عن تواتر صحة أي متتالية فرضيات ما دمنا لا نستطيع وصف الفرضيات «بالصحة» وإلا فما فائدة مفهوم احتمال الفرضية؟ وإذا ما حاولنا، كما فعلنا أعلاه، اعتماد متمم تواتر البطلان في متتالية الفرضيات وعرفنا احتمال الفرضية بنسبة الفرضيات غير المفندة إلى الفرضيات الأخرى في المتتالية فسنحصل هنا أيضاً على احتمال مساو للواحد لأي فرضية في أي متتالية فرضية لا منتهية. وحتى ولو اخترنا متتالية مرجعية منتهية فلن يساعدنا ذلك في الأمر بشيء. لأننا إذا فرضنا أنه بإمكاننا بحسب هذا الإجراء عزو احتمال ينتمي إلى المجال الواقع بين 0 و 1 لحدود أي متتالية فرضيات، لنقل احتمال $\frac{3}{4}$، فلن يكون منشأ هذه الإمكانية إلا علمنا بأن هذه الفرضية أو تلك من المتتالية قد فندت. ومع ذلك فسنكون ملزمين وعلى أساس هذا الإعلام نفسه بإعطائها، كحدود في المتتالية قيمة احتمال مساوية لـ $\frac{3}{4}$ بدلاً من القيمة صفر؛ وستنخفض بصورة عامة قيمة احتمال فرضية ما نتيجة هذا الإعلام بـ $\frac{1}{n}$ إذا كان n عدد فرضيات المتتالية المرجعية ـ كل هذا يناقض بوضوح برنامج التعبير عن طريق احتمال الفرضية عن درجة اليقين التي نعزوها إلى الفرضية بناء على الإعلام المؤكد أو المناقض لها.

[206] وبهذا نكون قد استنفذنا كل الإمكانات التي تخطر على البال، على ما يبدو لي، لبناء مفهوم احتمال الفرضية على «تواتر الصحة» (أو على «تواتر البطلان» أيضاً) وبالتالي على نظرية تواتر احتمال الحدث[*9].

[207] يجب علينا اعتبار محاولة إقامة تطابق بين احتمال الفرضية واحتمال الحدث

---

(7) انظر الفقرة 71 من هذا الكتاب.

(*9) يمكن تلخيص المحاولات التي قمت بها أعلاه لاستخلاص معنى لدعوى رايشنباخ الغامضة نوعاً ما القائلة إن احتمال الفرضية يقيسه تواتر الصحة على النحو التالي (يوجد تلخيص مماثل مرفوق بالنقد في المقطع ما قبل الأخير من الملحق الأول* من هذا الكتاب):

محاولة فاشلة. إن هذا الجزم مستقل تماماً عن القبول (مع رايشنباخ) بالقول إن كل فرضيات الفيزياء هي في «الواقع» أو عندما «ننظر إليها بدقة أكبر» منطوقات احتمال (أي أنها فرضيات تتعلق بقيم وسطية لمتتاليات أرصاد تحيد عنها على الدوام) أو عن الرغبة بالتمييز بين نوعين مختلفين من القوانين الطبيعية بين «القوانين الحتمية»، «المضبوطة» من جهة وقوانين الاحتمال أو «فرضيات التواتر» من جهة ثانية. لأن كلا النوعين تقويمان افتراضيان لا يمكن لهما إطلاقاً أن يكونا محتملين: لا يمكن إلا تعزيزهما.

كيف يمكننا والحال هذه تفسير تبني منطقيي الاحتمال وجهة نظر مخالفة تماماً؟ أين يكمن الخطأ عند جينس مثلاً حين يكتب في البداية بالمعنى الذي نراه «لا يمكننا العلم بأي شيء . . . علم اليقين» ولكنه يتابع قائلاً: «. . .لا نعلم شيئاً علماً أكيداً. . نتعامل في أحسن الأحوال مع الاحتمالات وتتحقق تنبؤات الميكانيك

= يمكن (أساساً) وضع تعريف لاحتمال نظرية ما باتباع طريقين. أحدهما: أن نعد كل المنطوقات التي تنتمي إلى النظرية والتي يمكن فحصها تجريبياً وأن نحسب التواتر النسبي للمنطوقات المواتية واعتبار التواتر النسبي كمقياس لاحتمال النظرية. سنشير إلى هذا الاحتمال باسم الاحتمال من النوع الأول. ثانيهما: أن نعتبر النظرية بنية إيديولوجية منتظمة في صف من البنيات الإيديولوجية المشابهة أي من النظريات الأخرى التي بناها العلميون، ثم تحديد التواتر النسبي في هذا الصف، وسنشير إلى هذا الاحتمال باسم الاحتمال من النوع الثاني.

لقد حاولت في نصي أن أذهب أبعد من ذلك لأبين أن هاتين الإمكانيتين لإعطاء معنى لفكرة رايشنباخ عن تواتر الصحة تؤديان إلى نتائج لا يمكن لأنصار نظرية الاحتمال الاستقرائية قبولها.

أما إجابة رايشنباخ على انتقادي فلم تكن دفاعاً عن آرائه بقدر ما كانت هجوماً على وجهة نظري. فقد كتب في مقاله عن كتابي قائلاً إنه «يتعذر الدفاع عن نتائج كتابي كلياً معللاً ذلك «بفشل «طريقتي» وبإهمالي تمحص نظمة مفاهيمي» بما في ذلك كل النتائج المترتبة عليها». انظر: **Hans Reichenbach, «Über Induktion und Wahrscheinlichkeit: Bemerkungen zu Karl Poppers 'Logik der Forschung',» *Erkenntnis*, 5 (1935), pp. 267-284.**

كرست الفقرة الرابعة من مقاله، ص 274 وما يليها من المصدر المذكور، لمشكلتنا في احتمال الفرضية. وتبدأ الفقرة بالجملة التالية: «يمكن إضافة بعض الملاحظات في هذا السياق تتعلق بمشكلة احتمال النظريات لعلها تكمل العروض القصيرة جداً التي قمت بها حول هذا الموضوع وترفع بعض الغموض الذي ما زال يحيط بهذه المسألة». ويتبع ذلك نص لا يختلف في شيء عن المقطع الثاني من هذا الهامش ما عدا «أساساً» التي أضفتها.

وقد التزم رايشنباخ الصمت حول محاولته رفع «الغموض الذي يحيط بهذه المسألة» فلم يقل إنها تلخيص لبعض صفحات الكتاب الذي يهاجمه ـ وهو تلخيص ليس في بالغ الدقة باعتراف الجميع ـ ورغم هذا الصمت فإني أرى في ملاحظاته إطراءً كبيراً لي فهي آتية من مؤلف ذي خبرة واسعة في حقل نظرية الاحتمال (كان له كتابان ودزينة من المقالات في هذا الموضوع حين نشر كتابي) يتفق مع نتائج مساعيّ التي تفحصت بما في ذلك كل النتائج المترتبة عليها «العروض القصيرة جداً.. حول هذا الموضوع» التي قام بها. أما أنا فأعتقد أن الفضل يعود في نجاح مساعيّ إلى اتباع قاعدة منهجية: يجب علينا دائماً توضيح وتدعيم موقف معارضنا قدر الإمكان قبل انتقاده إذا كنا نريد أن يكون النقد مفيداً ومثمراً.

الكمومي الجديد بشكل جيد إلى حد... يجعل الاحتمال كبيراً جداً بتطابق المخطط مع الواقع. فيمكننا القول إننا على شبه اليقين أن المخطط صحيح كمياً...»؟[8].

لا شك في أن أكثر الأخطاء شيوعاً هو وصف فرضيات الاحتمال أي تقويمات التواتر الافتراضي باحتمال الفرضية. يمكن فهم هذا الاستنتاج الخاطئ على أحسن وجه إذا أعدنا إلى الذاكرة[9] أن فرضيات الاحتمال، نظراً لشكلها المنطقي، وبدون أخذ تطلباتنا المنهجية بقابلية التفنيد بعين الاعتبار، غير قابلة للتأكد من صحتها كما أنها غير قابلة للتفنيد: إنها غير قابلة للتفنيد لأنها قضايا عامة، وليست قابلة للتأكد من صحتها بصرامة لأنها لا تتناقض منطقياً مع أي قضية قاعدية. ولهذا فهي كما يقول رايشنباخ «غير قابلة للبت بالمرة»[10]. إلا أنه يمكنها كما بيّنا أن تتحقق بشكل أفضل أو أسوأ أي أن تتفق على هذا النحو أو ذاك مع قضايا قاعدية معترف بها: يؤدي التناظر القائم بين قابلية التأكد من الصحة وقابلية التفنيد، والمستند على المنطق [208] الاستقرائي التقليدي، إلى الاعتقاد أنه من الممكن عزو قيم صحة متدرجة لمنطوقات الاحتمال غير القابلة للبت، تدرج احتمال مستمر حدّاه الأعلى والأدنى اللذان لا يمكن بلوغهما هما الصحة والبطلان» [رايشنباخ][11]. ومع ذلك فإن منطوقات الاحتمال، لكونها تحديداً غير قابلة للبت كليّاً، هي في نظرنا ميتافيزيائية ما دمنا لم نقرر وضع قاعدة منهجية تجعلها قابلة للتفنيد. يستتبع عدم قابليتها للتفنيد استحالة تعزيزها تجريبياً على الإطلاق وليس إمكانية تعزيزها على نحو أفضل أو أسوأ أو متوسط. ذلك أنه بإمكانها ـ نظراً لكونها لا تمنع شيئاً وتتلاءم مع أي قضية قاعدية ـ اعتبار أي قضية قاعدية ذات صلة (ومهما بلغ تعقيدها) «تعزيزاً».

ونحن نعتقد أن الفيزياء تستعمل منطوقات الاحتمال في واقع الأمر على

---

(8) James Hapwood Jeans, *Die neuen Grundlagen der Naturerkenntnis = The New Background of Science*, Translated from the English by Helena Weyl and Lothar Nordheim (Stuttgart, Berlin: Deutsche Verlags - Anstalt, 1934), pp. 70 f.

(الكلمة «أكيداً» هي الوحيدة المكتوبة بالخط النسخي في كتاب جينس).

(9) انظر الفقرات 65-68 من هذا الكتاب.

(10) Reichenbach,« Kausalität und Wahrscheinlichkeit,» p. 169.

انظر أيضاً جواب رايشنباخ على تعليقي في: Hans Reichenbach, «Die logischen Grundlagen des Wahrscheinlichkeitsbegriffs,» *Erkenntnis*, 3 (1933), pp. 426 f.

كثيراً ما تعرض أفكار مشابهة عن درجة الاحتمال أو درجة اليقين للعلم (الاستقرائي). انظر مثلاً: Bertrand Russel: *Unser Wissen von der Außenwelt = Our Knowledge of the External World*, Translated by Walther Rothstock (Leipzig: F. Meiner, 1926), pp. 295 f., and *Philosophie der Materie = The Analysis of Matter*, Wissenschaft und Hypothese; 32 (Leipzig: B. G. Teubner, 1929), pp. 143 f., and 420 f.

(11) Reichenbach, «Kausalität und Wahrscheinlichkeit,» p. 186.

انظر الهامش رقم (4)، الفقرة 1 من هذا الكتاب.

الشكل الذي قدمناه بالتفصيل في نظرية الاحتمال وأنها تطبق تقويمات الاحتمال على وجه الخصوص على غرار غيرها من الفرضيات كقضايا قابلة للتفنيد. ولكننا نرفض في الوقت نفسه أن نجادل في إجراءات الفيزياء «الفعلية» لأن ذلك يبقى مسألة تفسير.

ولدينا توضيح ساطع للخلاف بين إدراكنا والإدراك «الطبيعياتي» الذي تحدثنا عنه في الفقرة 10: إن ما يمكننا تبيانه هو منطق إدراكنا الداخلي أولاً ثم خلوه من الصعوبات التي تواجه وجهات النظر الأخرى ثانياً. لا نستطيع بطبيعة الحال البرهان على صحة وجهة نظرنا ولا يؤدي الجدال مع ممثلي منطق العلم الآخرين إلى أي نتيجة: إن كل ما يمكننا أن نستند إليه هو أن إدراكنا إنما هو نتيجة منطقية لمفهوم العلم الذي اقترحناه[10*].

81 ـ منطق الاستقراء ومنطق الاحتمال

لا يمكن إرجاع احتمال الفرضية إلى احتمال الحدث: هذه هي نتيجة أبحاثنا الأخيرة. ولكن ألا يمكن تعريف مفهوم احتمال الفرضية بطريقة أخرى؟

والحقيقة أني لا أظن أنه يمكن إنشاء مفهوم لاحتمال الفرضيات وتفسيره «كقيمة صحة» الفرضية على غرار مفهوم «الصحيح» و«الباطل»[12] (يجب أن يكون [209] هذا المفهوم مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً «بالاحتمال الموضوعي» أي بالتواتر النسبي وإلّا لبدا المصطلح في غير محله). ومع ذلك لنتصور جدلاً أننا نجحنا في إنشاء مفهوم من هذا القبيل لاحتمال الفرضيات ولنتساءل: كيف سيتأثر منطق الاستقراء بذلك؟

لنفرض أن فرضية ما، نظرية شرودينغر على سبيل المثال، اعتبرت محتملة من دون أن يحدد فيما إذا كان هذا الاحتمال بإعطاء هذه الدرجة العددية له أو تلك

(10*) إن المقطعين الآخرين ليسا سوى رد فعل على المقاربة «الطبيعياتية» التي مثلها في بعض الأحيان رايشنباخ ونورات وغيرهما. انظر الفقرة 10 أعلاه.

(12) (إضافة أثناء الطبع). يمكن تصور إيجاد هيكلة لتقدير قيم التعزيز يظهر عليها نوع من التماثل الشكلي (صيغة بايز) مع حساب الاحتمالات ومع ذلك لا تمت بصلة إلى نظرية التواتر. هذه الإمكانية أخذتها عن الدكتور ج. هوزياسون (**J. Hosiason**). إلا أني أستبعد كلياً أن يكون لطرق من هذا النوع أي مفعول على مشكلة الاستقراء.* انظر أيضاً الهامش 3 للفقرة 57* في: **Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.**

أدافع منذ عام 1938 عن وجهة النظر القائلة إنه يجب على المرء، إذا أراد البرهان على ملاءمة تغيير المصطلحات، أن يبيّن أن موضوعات الحساب الصوري مستوفاة. انظر الملحقات الثاني* ـ الخامس* وخاصة الفقرة 28* في: المصدر المذكور). وهذا يتضمن بطبيعة الحال استيفاء صيغة بايز. انظر فيما يتعلق بالتماثل الشكلي بين صيغة بايز في الاحتمال وبعض المبرهنات في درجة التعزيز الملحق التاسع* النقطة 9 (VII) للمذكرة الأولى وكذا النقطتين (12) و(13) في الفقرة 32* من: المصدر المذكور.

أو بدون إعطاء أي درجة. سنقول عن القضية التي تطبع نظرية شرودينغر «بالمحتملة» إنها تثمين لها.

لا ريب في أنه يجب أن يكون هذا التثمين قضية تركيبية ـ منطوقاً عن «الواقع» ـ مثله مثل القضية «إن نظرية شرودينغر صحيحة» أو القضية «إن نظرية شرودينغر باطلة» فكل هذه القضايا تدعي وضوحاً أشياء عن مواءمة[11*] هذه النظرية يستحيل أن تكون تحصيل حاصل: فهي موائمة، أو غير موائمة أو موائمة بدرجة ما. ويجب إضافة إلى ذلك أن يكون لتثمين نظرية شرودينغر طابع قضية تركيبية لا يمكن التأكد من صحتها على غرار النظرية نفسها: لا يمكن أبداً اشتقاق احتمال نظرية [أي احتمال بقاء النظرية مقبولة] من قضايا قاعدية بشكل نهائي. ولذا وجب السؤال: كيف يمكن تبرير التثمين؟ كيف يمكن مراقبته؟ (مشكلة الاستقراء)[13]. [210]

يمكن الادعاء «بصحة» التثمين كما يمكن وصفه بالمحتمل. فإذا قلنا عنه إنه صحيح فإن هذا يعني وجود قضايا تركيبية صحيحة لا يمكن التأكد من صحتها تجريبياً ـ أي وجود حكم سبقي تركيبي ـ أما إذا وصفناه بالمحتمل وجب حدوث

(11*) لننظر إلى منطوق الاحتمال «$p(S,e) = r$» أو بالكلمات: «النظرية شرودينغر عندما نعطي البيّنة e الاحتمال r» - إنه منطوق عن احتمال منطقي نسبي أو شرطي ولا شك في أنه يمكن أن يكون تحصيل حاصل (شريطة أن تكون القيمتان المختارتان لـ e وr متقادتين: إذا كانت e مكونة من تقارير رصد فقط فستكون r مساوية للصفر في عالم واسع إلى حد كاف). إلا أن «للتثمين» شكلاً آخر وفق المدلول الذي نعطيه له (انظر الفقرة 84 من هذا الكتاب وخاصة النص المرتبط بالهامش رقم (24*))، الشكل التالي مثلاً: $p_k(S) = r$ حيث k تاريخ اليوم أو بالكلمات: «النظرية شرودينغر اليوم (باعتبار مجموع الوقائع المادية المتاحة فعلاً) الاحتمال r». ولكي نحصل على هذا التثمين $p_k(S) = r$ من (I) منطوق الاحتمال النسبي $p(S,e) = r$ أي من تحصيل حاصل ومن (II) من القضية «e هي مجموع البينات المتاحة اليوم» يجب علينا أن نطبق مبدأ الاستدلال (المسمى الحل من التبعات أو قاعدة الحل من التبعات في الفقرتين 43* و51* من: Popper, Ibid.

يشبه مبدأ الاستدلال هذا الـ Modus ponens شبهاً كبيراً ولذا يجب فهمه على نحو تحليلي. إلا أننا إذا اعتبرنا هذا المبدأ قضية تحليلية فكأننا قرنا النظر إلى p_k وقد عرف بـ (I) و(II) أو على الأقل قرنا القبول أن p_k لا يعني أكثر مما يعني (I) و(II) معاً. إلا أن p_k يفقد في هذه الحالة كل معاني القياس العملي إذ إنه لا يمكن في أي حال من الأحوال تفسيره كقياس عملي للقبول. وأفضل طريقة لرؤية ذلك هي اعتبار $p_k(t,e) \approx 0$ في عالم واسع بما فيه الكفاية ومن أجل نظرية عامة t وشريطة أن تتكون e من قضايا منفردة فقط. انظر الملحقين السابع* والثامن* من هذا الكتاب. أما عملياً فإن هناك نظريات نقبلها وأخرى نرفضها. ومن وجهة أخرى فإننا إذا فسرنا p_k كدرجة المواءمة أو القبول فيصبح مبدأ الاستدلال (أو قاعدة الحل من التبعات) الذي أشرنا إليه أعلاه (والذي يمثل في إطار هذا التفسير نموذجاً لمبدأ الاستقراء) باطلاً بكل بساطة وبالتالي غير تحليلي وضوحاً.

(13) انظر الفقرة 1 من هذا الكتاب.

تثمين جديد، أي تثمين للتثمين، تثمين من درجة أعلى؛ وهذا ما يؤدي بنا إلى تقهقر لا منته. وهكذا لا يتيح اللجوء إلى احتمال الفرضيات تحسين الوضع المنطقي لمنطق الاستقراء في أي حال من الأحوال.

تقضي وجهة النظر التي يدافع منطقيو الاحتمال عادة عنها، بأن حكم التثمين يصدر وفق «مبدأ الاستقراء» الذي يعزو الاحتمالات إلى الفرضيات المستقرأة. إلا أننا هنا أمام أحد أمرين: إما أن نعزو إلى مبدأ الاستقراء نفسه «احتمالاً» وسيأخذ التقهقر اللامنتهي حينئذٍ مجراه أو أن نصفه بالصحيح وهو حكم قبلي. وهكذا ليس أمامنا سوى الاختيار، بين التقهقر اللا منتهي والقبلية. وكما يقول هايمانس (Heymans) «نهائياً وعلى نحو حاسم، لا يمكن للاحتمال.. أن يفسر الإجراء [211] الاستقرائي لأن المشاكل التي تكمن في أحدهما تحديداً.. هي المشاكل التي يتضمنها الآخر. لأن الاستتباعات في كلتا الحالتين تبعد كثيراً عن المقدمات المعطاة»[14]. وهكذا فإننا لن نفيد شيئاً من استبدال كلمة «صحيح» بكلمة «محتمل» وكلمة «باطل» بكلمة «غير محتمل». إننا لا نستطيع تجنب أخطاء مشكل الاستقراء إلا إذا أخذنا بعين الاعتبار عدم التناظر بين التأكد من الصحة والتفنيد والذي يعتمد على العلاقة المنطقية بين النظريات والقضايا القاعدية.

يعترض منطقيو الاحتمال عادة على هذا النوع من النقد بالقول إنه يسري في «إطار المنطق التقليدي» وأنه لا يستطيع لهذا السبب استيعاب تفكير منطق الاحتمال. ونحن نقبل من دون تحفظ بأننا بعيدون عن هذا التفكير.

---

(14) Gerardus Heymans, *Die Gesetze und Elemente des wissenschaftlichen Denkens Ein Lehrbuch der Erkenntnistheorie in Grundzügen*, 2 vols. (Leyden; Leipzig: [n. pb.], 1890-1894), pp. 290 f; 3rd Verbesserte ed (Leipzig: J. A. Barth, 1915), p. 272.

نجد مناقشة هايمانس عند هيوم في كراسه: David Hume, *An Abstract of a Book: Lately Published Entitled a Treatrise of Human Nature* (London: C. Corbet, 1740).

إني على شبه اليقين أن هايمانس لم يكن على اطلاع على ذلك. اكتشفت الكراسة وعزيت إلى هيوم من قبل ج. م. كينيز وب. سترافا ونشرت عام 1938. انظر: David Hume, *An Abstract of a Treatise of Human Nature, 1740· A Pamphlet Hitherto Unknown*, Reprinted with an Introduction by John Maynard Keynes and Piero Sraffa (Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1938).

وأنا بالذات لم أكن أعلم بسبق هيوم أو هايمانس في مناقشتي وحججي ضد نظرية احتمال الاستقراء عندما عرضتها في كتابي عام 1931 (لم ينشر إلا عام 1979) وقرأه أعضاء عديدون في حلقة فينا. أثار انتباهي إلى سبق هيوم لهايمانس ج. و. ويسدوم؛ انظر: John Oulton Wisdom, *Foundations of Inference in Natural Science* (London: Methuen, 1952), p. 218.

أسرد مقطع هيوم في الملحق السابع* من هذا الكتاب، النص المرتبط بالهامش رقم (12).

82 ـ نظريات التعزيز الموجبة

يمكن الظن أن الاعتراضات برمتها التي أثرناها أعلاه تنطبق علينا أيضاً: إنها قائمة كلها على مفهوم التثمين وهو مفهوم نضطر نحن أيضاً إلى استعماله. ألا نتحدث عن تعزيز النظرية وهل يعتمد ذلك على شيء آخر سوى التثمين؟ [ولا يوجد من وجهة النظر هذه أي فرق بين التعزيز والاحتمال]. وفوق ذلك ألا ندافع عن الرأي القائل أن الفرضيات ليست قضايا «صحيحة» وإنما هي تخمينات مؤقتة (أو أشياء من هذا القبيل)! وهو رأي كسابقه لا يعبر عنه إلا التثمين.

يمكننا بداية تسوية النصف الثاني من هذا الاعتراض بسهولة: إن تثميننا للنظريات العلمية، الذي يصفها بالتخمينات المؤقتة (أو بشيء من هذا القبيل) هو تحصيل حاصل لا يفسح المجال لأية صعوبة من النوع الذي يعترض المنطق الصوري. إن كل ما يفعله هذا الوصف هو إعادة صياغة الجملة القائلة إن القضايا الكلية، والنظريات، لا تشتق من قضايا خاصة، (وهو تعريفاً مكافئ لهذه الجملة).

ولا يختلف الأمر فيما يتعلق بالتثمين الذي نسميه نحن تعزيزاً: فالتعزيز ليس فرضية وإنما نشتقه (من النظرية) ومن القضايا القاعدية المعترف بها: إنه يثبت عدم تناقض هذه القضايا مع النظرية آخذاً بعين الاعتبار درجة قابلية الفحص للنظرية وكذلك صرامة الفحوص التي خضعت لها النظرية (حتى حين معيّن).

[212] ونقول عن نظرية إنها «معززة» طالما ثبتت أمام هذه الفحوص. إن العلاقتين الأساسيتين اللتين يتعين على تثمين التعزيز (حكم التعزيز) إثباتهما هما قابلية التلاؤم أو عدمها. نظر إلى عدم قابلية التلاؤم كتفنيد للنظرية، إلا أننا لا ننظر إلى قابلية التلاؤم كقيمة تعزيز موجبة: لا يمكن تقويم مجرد عدم تفنيد نظرية ما عملياً كتعزيز موجب لها. لأنه يمكننا متى نشاء إنشاء نظريات عديدة تتلاءم مع نظمة من القضايا القاعدية المعترف بها معطاة سلفاً. (ينطبق هذا أيضاً على سبيل المثال على كل النظمات الميتافيزيائية).

يمكن تقديم اقتراح يقضي بنسب قيمة تعزيز موجبة إلى نظرية ما إذا ما تلاءمت هذه النظرية مع نظمة القضايا القاعدية المعترف بها، ليس هذا وحسب وإنما إضافة إلى ذلك إذا كان جزء من النظمة يشتق من النظرية؛ ونظراً لأن القضايا القاعدية لا تشتق إطلاقاً من نظمة نظريات وحدها (وإنما نفي هذه القضايا هو الذي يشتق) فمن الممكن وضع الاقتراح على الشكل التالي: إذا تلاءمت النظرية مع

القضايا القاعدية المعترف بها وإضافة إلى ذلك إذا كان صف جزئي ما من هذه القضايا القاعدية يشتق من النظرية ومن بقية القضايا القاعدية المعترف بها[12*].

يمكننا تأييد هذه الصيغة الأخيرة إلا أنها تبدو لنا غير كافية لتمييز قيمة التعزيز الموجه لنظرية ما. فقد اعتدنا وصف النظريات أنها معززة إلى حد يزيد أو ينقص. إلا أنه لا يمكننا تعيين درجة تعزيز النظرية بأن نعد ببساطة صف الحالات المعززة أي القضايا القاعدية المعترف بها المشتقة. فقد يقع والحالة هذه ألا تبدو نظرية اشتققنا [213] بالاستعانة بها قضايا قاعدية عديدة معززة بقدر نظرية أخرى لم نشتق بالاستعانة بها إلا قضايا قاعدية أقل عدداً. يمكننا على سبيل المثال مقارنة الفرضيتين «كل الغربان سوداء» و«لكم الكهرباء الأولي القيمة التي وجدها ميلليكان» (التي أشرنا إليها في الفقرة 37): على الرغم من أنه يمكننا التسليم بأننا واجهنا قضايا قاعدية أكثر عدداً مؤيدة للفرضية الأولى فإننا ننظر إلى فرضية ميلليكان على أنها معززة على نحو أمثل.

وهكذا فليس عدد الحالات المعززة هو الذي يعين درجة التعزيز بقدر ما تعينها صرامة الفحوص التي يمكن للقضية موضع البحث الخضوع لها والتي خضعت لها فعلاً. ولكن هذا يرتبط بدرجة قابلية فحص («ببساطة») القضية: فالقضية ذات الدرجة الأعلى في قابلية التفنيد هي القضية الأبسط وبالتالي ذات الدرجة الأعلى في قابلية التعزيز[15]. ولا تتبع درجة التعزيز بطبيعة الحال درجة

(12*) تكتسي محاولة تعريف «التعزيز الموجب» بعض الأهمية من وجهتي نظر على الأقل (وإن كنا سنرفض هذا التعريف في المقطع التالي من النص لعدم صلته صراحة بنتائج الفحص الصارمة أي بمحاولات الدحض)، أولاً لأنها وثيقة القرابة بمعيار الحد الفاصل وخاصة بصياغة هذا المعيار كما وردت في الهامش رقم (3*)، الفقرة 21 من هذا الكتاب. وفي الواقع تتطابق الصياغتان إذا ما استثنينا التقيد بقضايا القاعدة المعترف بها الذي يتضمنه التعريف الحالي. وهكذا فإن مجرد التخلي عن هذا التقيد يعطينا معياري في الحد الفاصل.

ثانياً: إذا قيدنا، بدلاً من التخلي عن هذا التقيد، صف القضايا القاعدية المعترف بها المشتقة بقيود إضافية وتطلبنا ضرورة الاعتراف بها كنتائج محاولات دحض متنامية الجدية تصبح الصياغة عندئذٍ تعريفاً موائماً للتعبير «معززاً إيجابياً» ولكنها بطبيعة الحال لا تعرف «درجة التعزيز»؛ يحتوي المقطع التالي في النص أعلاه ضمنياً الأسس التي نبني هذه الدعوى عليها. يمكن، إضافة إلى ذلك، وصف القضايا القاعدية المعترف بها على هذا النحو «بالقضايا المعززة» للنظرية.

تجدر الإشارة إلى أنه لا يمكن وصف «القضايا الآنية» (أي القضايا القاعدية المنفية، انظر الفقرة 28 من هذا الكتاب) بالقضايا المعززة للنظرية التي تشكل لحظات منها لأن كل قانون عام يصبح لحظات في كل مكان تقريباً كما بيّنا في الهامش رقم (2*)، الفقرة 28 من هذا الكتاب. (مفارقة التعزيز؛ انظر أيضاً الهامش رقم (4*)، الفقرة 80 من هذا الكتاب والنص المرتبط به).

(15) يتطابق في هذه النقطة أيضاً مفهوم البساطة عندنا وعند فايل. انظر الهامش رقم (8)، الفقرة 42 من هذا الكتاب. * ينتج هذا الاتفاق من وجهة نظر جيفرس، وفرينش وفايل التي ترى أنه يمكن =

قابلية التفنيد وحدها: يمكن للقضية أن تكون قابلة للتفنيد في أعلى درجة ومع ذلك لم تعزز حتى الآن إلا قليلاً أو أنها قد فندت. كما أنه من الممكن أيضاً نسخ القضية، دون تفنيد، في نظرية تقبل الفحص على نحو أفضل وتتيح اشتقاق القضية منها بتقريب كاف (وبهذا تنحدر درجة تعزيزها).

وكما هو عليه الحال في مقارنة قابلية التفنيد فإننا لا نستطيع مقارنة درجتي تعزيز قضيتين في كل الأحوال، إننا أبعد ما يكون عن ذلك: لا يمكننا إطلاقاً تعريف قيمة عددية للتعزيز وكل ما يمكننا فعله هو الحديث بشكل تقريبي عن قيم تعزيز سالبة أو موجبة الخ[13*]. إلا أننا قادرون على وضع قواعد متعددة: على سبيل المثال، القاعدة التي تقضي بعدم نسب أي قيمة تعزيز موجبة نهائياً إلى نظرية فندتها تجارب قابلة للتحقق البيذاتي منها (الفرضيات المفندة)[16]. وإن كنا في [214] ظروف معينة نعطي قيمة تعزيز موجبة لنظرية أخرى تنحو في تفكيرها نحواً قريباً من تفكير النظرية المفندة. (مثلاً نظرية نيوتن الجسيمية وفرضية آنشتاين عن كم الضوء). نعتبر بصورة عامة التفنيد القابل للتحقق البيذاتي منه نهائياً ولا رجعة فيه (شريطة أن يكون موثوقاً منهجياً). إن هذا، بالتحديد، تعبير عن عدم التناظر بين التأكد من صحة النظرية وتفنيدها. لقد أسهم كل من هذين الموقفين بطريقته الخاصة في إعطاء الطابع التقريبي للتطور العلمي. يمكن لحكم تعزيز متأخر تاريخياً عن الأحكام الأخرى، أي لحكم صدر بعد إضافة قضايا قاعدية اعترف بها مؤخراً، أن يبدل درجة تعزيز موجبة بدرجة تعزيز سالبة ولكن العكس غير ممكن. ونحن إذ نقول إن النظرية وحدها وليست التجربة، إن الفكرة وحدها وليس الرصد، هي التي تدل التطور العلمي وتفتح له دوماً الطريق نحو معارف جديدة فإننا نقول أيضاً إن التجربة تحفظنا على الدوام من السير على طرق لا تثمر شيئاً وتساعدنا على ترك الخطوط غير السالكة وتشجعنا على وضع نصب أعيننا الكشف عن كل ما هو جديد.

= استخدام ضآلة عدد وسطاء دالة ما كمقياس لبساطتها وعن وجهة نظري المرافقة لها، انظر الفقرة 38 وما يليها، التي ترى إمكانية استخدام ضآلة عدد الوسطاء كمقياس لقابلية الفحص أو لعدم الاحتمال، وهي رؤيا لا يتفق معها المؤلفون سابقو الذكر. انظر كذلك الهامشين رقمي (1*) و(2*)، الفقرة 43 من هذا الكتاب.

(13*) يبدو لي، ما دام الأمر يتعلق بالتطبيق العملي للنظريات الموجودة، أن هذا ما يزال صحيحاً. ولكني أعتقد الآن أنه من الممكن تعريف «درجة التعزيز» بحيث يمكننا مقارنة نظريات متباعدة إلى أقصى حد (نظريتي التثاقل لكل من نيوتن وآنشتاين على سبيل المثال). يعطينا هذا التعريف إضافة إلى ذلك إمكانية عزو درجات تعزيز للفرضيات الإحصائية وربما لمنطوقات أخرى شريطة أن نستطيع عزو درجات احتمال (مطلقة ونسبية) لها وللقضايا المعززة. انظر أيضاً الملحق التاسع* من هذا الكتاب.

(16) انظر الفقرتين 8 و22 من هذا الكتاب.

وهكذا تدخل درجة قابلية التفنيد، أي بساطة النظرية، في حكم التعزيز الذي يمكن أن ننظر إليه كحكم على العلاقات المنطقية بين النظرية والقضايا القاعدية المعترف بها، حكم يأخذ بعين الاعتبار أيضاً صرامة الفحوص التي أخضعت النظرية إليها.

83 ـ قابلية التعزيز، قابلية الفحص والاحتمال المنطقي(14*)

يأخذ حكم التعزيز درجة قابلية التفنيد بعين الاعتبار: فكلما كانت قابلية التحقق من النظرية أفضل كلما ارتفع تعزيزها. إلا أن قابلية الفحص هي عكس مفهوم الاحتمال المنطقي مما قد يسمح لنا بالقول إن حكم التعزيز يأخذ الاحتمال المنطقي بعين الاعتبار. وهذا الاحتمال المنطقي من جهته قريب من مفهوم الاحتمال الموضوعي (احتمال الحدث) كما رأينا في الفقرة 72. يقيم هذا الأخذ بعين الاعتبار للاحتمال المنطقي علاقة وإن تكن غير مباشرة بين مفهوم التعزيز واحتمال الحدث. وقد يخطر في البال أن هذه العلاقة ربما قد تكون مرتبطة بتعاليم احتمال الفرضيات.

عندما نريد تقدير قيمة تعزيز نظرية ما فسنحاكم على النحو التالي: تزداد قيمة التعزيز بازدياد عدد الحالات المعززة. إلا أننا نعلق عادة أهمية على الحالات المعززة الأولى أكبر بكثير من الأهمية التي نعطيها للحالات التي تليها: لا ترفع [215] هذه الحالات من قيمة تعزيز نظرية معززة جيداً إلا قليلاً. ولكن هذه الملاحظة لا تنطبق على الحالات التي تختلف فيها الحالات «التالية» عن الحالات «الأولى» اختلافاً كبيراً أي عندما تتعزز النظرية بتطبيقها على حقل جديد؛ ترتفع هنا قيمة التعزيز ارتفاعاً كبيراً. وهكذا يمكن لقيمة تعزيز نظرية أعم(17) أن تصبح أكبر من قيمة تعزيز نظرية أقل عمومية (وأقل قابلية للتفنيد) منها كما يمكن على نفس النحو أن تكون النظريات الأكثر تحديداً أفضل تعزيزاً من النظريات المحددة بدقة أقل. ولهذا فإننا لا نمنح نبوءات قراء الكف والعرافين النموذجية أي قيمة تعزيز [موجبة] لأن التنبؤات التي تقدمها غير دقيقة وشديدة الحذر إلى حد يعطيها على شكل

(14*) إذا استعملت المصطلحات التي شرحتها للمرة الأولى في: Karl Popper, «A Set of Independent Axioms for Probability,» *Mind*, 47 (1938),

فمن الضروري هنا (كما في الفقرة 34 والفقرات التالية) إقحام كلمة «المطلق» في «الاحتمال المنطقي» (لتمييزه عن الاحتمال المنطقي «النسبي» أو «المشروط»). انظر في هذا الشأن الملحقات الثاني*، الرابع* والتاسع* من هذا الكتاب.

(17) انظر الفقرة 38 من هذا الكتاب.

(قبلي) احتمالاً منطقياً كبيراً جداً بالتحقق. وإذا قيل لنا إن نبوءة من هذا النوع أكثر تحديداً أو أقل احتمالاً منطقياً قد صحت فإننا لن نشك بقيمة الخبر بقدر شكنا بعدم الاحتمال المنطقي للنبوءة: ذلك أننا نعتقد أنه لا يمكن تعزيز نبوءات من هذا القبيل ونستخلص من ضعف قابلية التعزيز في هذه الحالة ضعف قابلية الفحص.

إذا قارنا بين هذه المحاكمة ومحاكمة منطقيي [الاستقراء] والاحتمال فإننا سنصل إلى نتيجة مثيرة للانتباه. فقد أقمنا نحن إذا صح التعبير[*15] علاقة تناسب عكسية بين قابلية تعزيز نظرية ما ـ وقيمة تعزيز النظرية المعززة ـ وبين احتمالها المنطقي، لأننا جعلنا قابلية التعزيز وقيمة التعزيز تزدادان بازدياد قابلية الفحص والبساطة؛ أما منطق الاحتمال فيتجه اتجاهاً معاكساً كلياً لهذا الاتجاه: فهو يجعل قيمة احتمال فرضية ما ترتفع بشكل متناسب مع احتمالها المنطقي، رغم أنه من الواضح أن المقصود بقيمة احتمال فرضية هو ما أردنا فهمه تحت اسم قيمة التعزيز[*16].

(*15) كتبت في النص «إذا صح التعبير» لأني لم أكن أؤمن في الواقع بالاحتمالات المنطقية (المطلقة) العددية. ولذا ترددت بين اعتبار درجة التعزيز متممة للاحتمال المنطقي (المطلق) أو النظر إليها كمتناسبة عكسياً معه، أي بين تعريف لدرجة التعزيز C(g) كـ: C(g) = 1-P(g) حيث تساوي قابلية التعزيز المضمون والتعريف C(g) = 1/P(g) وفيهما P(g) هو الاحتمال المنطقي المطلق لـ g. يمكن في الواقع الوصول إلى إحدى هاتين النتيجتين بحسب التعاريف التي نتبناها وننطلق منها وكلتاهما مقبولتان بالحدس. وهذا ما يفسر في الواقع ترددي. توجد حجج قوية لتأييد الطريقة الأولى إلا أن تطبيق سلم لوغاريتمي في الطريقة الثانية له ما يؤيده أيضاً. انظر الملحق التاسع* من هذا الكتاب.

(*16) تتضمن السطور الأخيرة في هذا المقطع وخاصة بداية من الجملة المكتوبة بخط مائل (والتي لم تكن كذلك في الطبعة الأولى) الأفكار الأساسية في نقدي لنظرية الاحتمال الاستقرائية. يمكن تلخيص هذه الأفكار على النحو التالي: نريد فرضيات بسيطة، فرضيات كبيرة المضمون وكبيرة درجة قابلية الفحص. وهي فرضيات عالية درجة التعزيز في الوقت نفسه لأن درجة تعزيز فرضية ما تتوقف أساساً على صرامة الفحوص التي خضعت لها وبالتالي على قابلية الفحص. إلا أننا نعرف كذلك أن قابلية الفحص وعدم الاحتمال المنطقي (المطلق) العالي (أو الاحتمال المنطقي (المطلق) الضعيف) هي الشيء نفسه.

وإذا كان من الممكن مقارنة فرضيتين h_1 و h_2 بالنسبة إلى مضمونهما وبالتالي بالنسبة لاحتمالهما المنطقي (المطلق) صح ما يلي: ليكن الاحتمال المنطقي (المطلق) لـ h_1 أصغر من نظيره لـ h_2. إذاً، مهما تكن البيّنة e لا يمكن للاحتمال المنطقي (النسبي) لـ h_1 وe معطاة أن يكون أكبر من نظيره لـ h_2 وe معطاة. وهكذا لا يمكن إطلاقاً للفرضية الأفضل قابلية للفحص والأفضل قابلية للتعزيز أن تصل، بالنسبة إلى البيّنة المعطاة، إلى احتمال أعلى من احتمال الفرضية الأقل قابلية للفحص. ينتج من ذلك أنه لا يمكن أن تكون درجة التعزيز نفس الشيء كالاحتمال.

هذه هي النتيجة الحاسمة. نستخلص من المقاطع التالية في النص أننا عندما نعطي قيمة احتمال عالية فيجب علينا أن ننطق بأقل ما يمكن بل ومن الأفضل ألا نقول شيئاً: لتحصيلات الحاصل على الدوام أعلى الاحتمالات.

[216] يشير كينيز إلى ما نسميه بالاحتمال المنطقي[18] باسم «الاحتمال القبلي» ويكتب عن التعميم (عن الفرضية) وهو على حق ما يلي[19]: «كلما كان الشرط φ أكثر شمولاً وكانت التالية f أقل شمولاً كلما ارتفع الاحتمال القبلي[*17] g الذي نعزوه للتعميم. يزداد الاحتمال مع كل توسع لـ φ وينخفض مع كل ارتفاع لـ f». (ولكن كينيز لا يفرق تفريقاً دقيقاً بين ما يسميه احتمال التعميم ـ وهو إلى حد ما احتمال الفرضيات ـ والاحتمال القبلي)[*18]. وخلافاً لما هو [217] عليه الحال في مفهوم التعزيز عندنا يعلو هنا احتمال الفرضيات مع الاحتمال المنطقي. يمكننا أن نرى أن ما يقصده كينيز «بالاحتمال» هو ما نسميه «التعزيز» لأنه يلح، كما نلح، على ارتفاع الاحتمال مع ارتفاع عدد الحالات المعززة وخاصة مع تنوعها. ولكنه يغض النظر عما يلي: إن كون الحالات المؤكدة للنظريات تنتمي إلى حقول تطبيق متنوعة يمنح هذه النظريات درجة عمومية كبيرة بحيث يصبح التطلبان اللذان وضعهما بهدف الوصول إلى احتمال عال متعارضين بصورة عامة: أضعف درجة عمومية ممكنة وأكثر الحالات المعززة تنوعاً.

وكذلك يتناقص عند كينيز التعزيز (احتمال الفرضيات)، كما اصطلحنا على تسميته، مع تناقص قابلية الفحص. وتقوده وجهة نظره كمنطقي استقراء إلى هذا

(18) انظر الهامش رقم (4)، الفقرة 34 من هذا الكتاب.

(19) John Maynard Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit = A Treatise on Probability* (Leipzig: Joh. Ambr. Barth, 1926), p. 253.

يقابل شرط كينيز φ وتاليته f دالة المنطوق المشترطة φ ودالة المنطوق التالية f عندنا. انظر الهامش رقم (11)، الفقرة 14؛ انظر أيضاً الفقرة 36 من هذا الكتاب. يجب الانتباه إلى أن ما يعنيه كينيز بشرط أو بتال أكثر شمولاً هو المضمون وليس الماصدق (بمعنى الصلة بين المضمون والماصدق).

(17*) يمكن القول إن كينيز يستعمل كغيره من المنطقيين البارزين في كمبريدج كلمتي «قبلي» و«بعدي» بمناسبة لا شيء (بالفرنسية في النص الأصلي) ولربما بمناسبة المناسبة (بالفرنسية أيضاً).

(18*) يفرق كينيز إلى حد ما بين الاحتمال القبلي (أو كما أسميه الآن الاحتمال المنطقي المطلق) «للتعميم» g واحتماله بالنسبة إلى بيّنة معطاة h ولذا يجب علي تصحيح دعاويّ في النص. (يقوم كينيز بهذا التفريق وهو محق فيه، وإن لم يعبر عنه بصراحة، عندما يقبل أنه إذا كان $\varphi = \varphi_1\varphi_2$ و $f = f_1f_2$ فتكون الاحتمالات القبلية عندئذٍ لمختلف التعميمات g: $g(\varphi_1, f) \geq g(\varphi, f) \geq g(\varphi, f_1)$. ويبرهن برهاناً صحيحاً على أن احتمالات الفرضيات (البعدية) g (بالنسبة إلى بيّنة h لا على التعيين) تسلك نفس سلوك احتمالاتها القبلية. وبهذا يبرهن أيضاً سلوك الاحتمالات نفس سلوك الاحتمالات المنطقية (المطلقة) بينما كانت أطروحتي الأساسية ولا تزال أن درجات قابلية التعزيز وتعزيز الفرضيات تتناسب عكساً مع الاحتمالات المنطقية. انظر: John Maynard Keynes, *A Treatise on Probability*, p. 225.

الفهم[*19]. إذ ينزع المنطق الاستقرائي إلى التيقن قدر الإمكان من الفرضيات العلمية. ولا يمنح أهمية علمية للفرضيات المختلفة إلا إذا بررتها الخبرة. إن ما يعطي لنظرية ما قيمتها العلمية هو التقارب المنطقي المتين[20] بين النظرية وقضايا الاختبار وحده. ولكن هذا لا يعني سوى القول إنه يقتضي ألا تتجاوز النظرية القضايا المثبتة تجريبياً إلا بأقل قدر ممكن[*20]. يجب نتيجة لذلك أن يكف هذا الإدراك عن إعطاء أي قيمة للتنبؤات. وقد كتب كينيز «إن ميزات التنبؤ الخاصة خيالية بكل معنى الكلمة. إن النقاط الأساسية هي عدد الحالات الممتحنة والتماثل القائم بينها ولا تهم مسألة طرح فرضية معينة قبل أو بعد الفحوص في الأمر شيئاً»[21]. أما الفرضيات التي وضعت قبلياً أي التي لا تستند بما فيه الكفاية إلى أسس استقرائية فقد كتب يقول: «. . .أما إذا كان الأمر مجرد ظن فإن طالعه السعيد كونه قد سبق بعض أو كل الحالات التي تحققه لا يضيف أي شيء إلى قيمته». إن هذه الرؤيا لوضع التنبؤات منسجمة تماماً مع نفسها. إلا أنه لا بد من طرح السؤال: ما الذي يجبرنا والحالة هذه على التعميم؟ ولماذا نضع فرضيات ونظريات؟ يبدو هذا كله غير مفهوم تماماً من وجهة نظر المنطق الاستقرائي: ما دمنا لا نعطي قيمة إلا للعلم اليقين قدر الإمكان ولا نعطي أي قيمة للتنبؤات [المعززة] فلماذا لا نكتفي عندئذ بالقضايا القاعدية ونبقى ببساطة عندها؟[*21]. [218]

(*19) انظر الفصل الثاني* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*
تقول نظريتي في التعزيز ـ على خلاف صريح مع نظريات الاحتمال عند كينيز، وجيفريس وكارناب ـ إن التعزيز لا يتناقص مع تناقص قابلية الفحص وإنما ينزع إلى التزايد معها.

(20) انظر الفقرة 48 من هذا الكتاب.

(*20) وهذا ما يمكن التعبير عنه بالقاعدة غير المقبولة «اختر على الدوام الفرضية الأكثر مواءمة».

(21) Keynes, *Über Wahrscheinlichkeit*, p. 254.

(*21) يضفي كارناب على التنبؤات قيمة عملية في كتابه: Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability* (Chicago: University of Chicago Press, 1950).
إلا أنه مع ذلك يستخلص على ما يبدو نفس النتيجة المنتقدة هنا، ويدافع عن الطرح القائل بإمكان الاكتفاء بالقضايا القاعدية. ويكتب على وجه الخصوص أن النظريات (ويتكلم على «القوانين») ليست بالشيء الذي لا يمكن الاستغناء عنه في العلم، بل وللقيام بالتنبؤات: يمكننا أن نتدبر الأمر من أوله إلى آخره بالقضايا المنفردة. «ومع ذلك» يضيف كارناب: «فمن المناسب بطبيعة الحال الإعلان عن قوانين عامة في كتب الفيزياء والبيولوجيا وعلم النفس الخ» (المصدر المذكور، ص 575). إلا أن المسألة ليست مسألة أفضلية وإنما مسألة التعطش العلمي للمعرفة. يريد بعض العلميين تفسير الكون ويضعون على عاتقهم إيجاد نظريات مفسرة على نحو مرضٍ ـ قابلة للفحص على نحو جيد أي نظريات بسيطة ـ وإخضاعها إلى الاختبار. انظر أيضاً الملحق العاشر* والفقرة 15* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

يثير موقف كايلا[22] على سبيل المثال تساؤلات مماثلة. فبينما نعتقد أن النظريات البسيطة، مثلها مثل النظريات التي لا تستعمل إلا قليلاً الفرضيات المساعدة[23]، هي نظريات يمكن تعزيزها تعزيزاً جيداً نظراً لعدم احتمالها المنطقي، يفسر كايلا الموقف تفسيراً معاكساً مستنداً إلى أسس شبيهة بتلك التي يستند إليها كينيز، ويرى مثله أننا نعزو عادة إلى النظريات البسيطة وخاصة إلى النظريات ذات العدد القليل من الفرضيات المساعدة، في حالة تعزيزها، «احتمالاً» كبيراً (احتمال فرضيات). إلا أنه لا يعزو هذا الاحتمال إلى النظريات لأنها قابلة للفحص بصرامة، لأنها غير محتملة منطقياً أي لأن لها، إذا صح التعبير، فرصاً قبلية عديدة جداً للاصطدام بالقضايا القاعدية وإنما على العكس تماماً: لأن للنظمة ذات الفرضيات الأقل فرصاً أقل قبلياً للاصطدام بالواقع من نظمة كثيرة القضايا. ويجب علينا هنا أيضاً أن نسأل: ما الذي يدفعنا إذاً إلى إنشاء هذه النظريات المغامرة؟ وإذا كنا نخشى النزاع مع الواقع فلماذا والحالة هذه نقيم الدعاوى؟ قد يكون الطريق الأكثر أمناً إقامة نظمة من دون فرضيات[*22].

ليس لمبدئنا بالتقتير في استعمال الفرضيات[24] أي صلة بالآراء المعروضة هنا: فنحن لا يهمنا قلة عدد القضايا وإنما بساطتها بمعنى قابليتها للمراقبة الصارمة. يرتبط بهذا الاهتمام تقليص عدد الفرضيات المساعدة من جهة، وبشكل ما تطلب تخفيض عدد الموضوعات من جهة أخرى. وهذا التطلب هو نتيجة لتطلب أعلى مستوى ممكن من العمومية في القضايا الموضوعة وبالتالي استنتاج [وبالتالي تفسير] نظمة مؤلفة من عدد كبير من الموضوعات إن أمكن من نظمة أخرى قضاياها أعم وأقل عدداً.

[219]

84 ـ ملاحظات حول استعمال مفهومي «صحيح» و«معزز»

يمكننا تجنب استعمال مفهومي «صحيح» و«باطل» في بناء منطق المعرفة الذي لخصناه هنا[*23] على أن تحل محلهما اعتبارات منطقية عن علاقات

(22) Eino Kaila, *Die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitslogik*, Annales Universitatis Fennicae Aboensis; Ser. B., T. 4, Nr. 1 (Turku: Kirjapaino Polytypos, 1926), p. 140.

(23) انظر الفقرة 46 من هذا الكتاب.

(*22) ومن هنا فمن واجب الاستقرائي والذي يتعلق الأمر بالنسبة له بأعلى الاحتمالات رفع شعار الحكمة القائلة: «إذا كان الكلام من فضة فالسكوت من ذهب».

(24) انظر الفقرة 20 من هذا الكتاب.

(*23) أسعدني الحظ بعد أن كتبت هذا بالالتقاء بألفرد تارسكي الذي شرح لي أفكاره الأساسية =

الاشتقاق. وهكذا فلن نحتاج للقول إن التنبؤ p صحيح إذا كانت النظرية t والقضية القاعدية r صحيحتين مكتفين بالقول: تتبع القضية p من ترافق t وr (غير المتناقض). ويمكننا بطريقة مماثلة وصف تفنيد نظرية ما: فلسنا بحاجة إلى القول [220] إن النظرية «باطلة» بل نكتفي بالقول إن النظرية تتناقض مع نظمة محددة من القضايا القاعدية المعترف بها. وكذلك فإننا لن نصف القضايا القاعدية بالصحة أو البطلان لأنه يمكننا تفسير الاعتراف بها كقرار متواضع عليه والقول عن القضايا المعترف إنها إثباتات.

ولكن هذا لا يعني بطبيعة الحال أننا لا نستطيع استعمال هذين المفهومين «صحيح» و«باطل» أو أن استعمالهما يخلق صعوبات مخصصة. وهما، لمجرد مقدرتنا على حذفهما، لا يفتحان باب الأسئلة العميقة علينا. يماثل استعمال المفهومين صحيح وباطل تماثلاً تاماً استعمال مفاهيم «كتحصيل الحاصل»،

= في نظرية الصحة. ومن المؤسف حقاً أن هذه النظرية ـ وهي أحد أهم اكتشافين في مجال المنطق منذ *Principia Mathematica* ـ ما زالت غير مفهومة في غالب الأحيان ومعروضة عرضاً سيئاً. ونحن لن نؤكد أكثر مما ينبغي إذا قلنا إن مفهوم الصحة عند تارسكي (وقد أعطى لتعريفه طريقة في اللغات الصورية) ينطبق على نظيره عند أرسطو وعند أغلب الناس (باستثناء البراغماتيين): فالصحة هي التطابق مع الوقائع (مع الواقع). ولكن ماذا يمكننا أن نعني عندما نقول عن قضية إنها تتطابق مع الواقع؟ إننا ما أن نتحقق أنه لا يمكن أن يكون التطابق تماثلاً في البنية حتى يبدو لنا أن لا رجاء في نجاح مهمة توضيح هذا التطابق. ونربما نفقد عندئذٍ الثقة بمفهوم الصحة هذا ونقرر الاستغناء عن استعماله. لقد حل تارسكي (من أجل اللغات الصورية) هذا المشكل العويص ظاهرياً بأن قصر مفهوم التطابق على مفهوم أبسط منه («إرضاء»، «استيفاء») وأدخل فكرة ما وراء اللغة.

وأنا بفضل تعاليم تارسكي، لم أعد أتردد في استعمال التعبيرين «صحيح» و«باطل». ويتفق استعمالي لهاتين الكلمتين بطبيعة الحال، كما هو عليه الحال في الاستعمال اللغوي للناس عامة (ما عدا البراغماتيين)، مع نظرية تارسكي في الصحة المطلقة. ورغم الأهمية الثورية التي اكتستها نظرية تارسكي بالنسبة لآرائي المتعلقة بالمنطق الصوري وبأسسه الفلسفية فإنها لم تغير في الأساس شيئاً في نظريتي العلمية وإن كانت قد وضحت رؤياي.

ويبدو لي الآن أن الاعتراضات الموجهة ضد نظرية تارسكي قد أخطأت الهدف تماماً. فمن يقول إن تعريفه اصطناعي وعقدي. إلا أنه وقد عرف الصحة بالنسبة للغات الصورية فقد لزم عليه الاستناد في ذلك إلى تعريف صيغة مصاغة بشكل جيد في هذه اللغة ولزم بالتالي على صيغته أن تكون «اصطناعية» أو «عقدية» على قدر التعريف. أما مصدر اعتراض آخر فهو مصطلحات الترجمة الإنكليزية لكتابات تارسكي. يقال عن «القضايا» أو «البيانات» إنها صحيحة أو باطلة ولكن ليس عن «الأحكام». لعل كلمة Sentence ليست ترجمة جيدة للحد الذي استعمله تارسكي (أفضل شخصياً استعمال كلمة بيان Statement بدلاً من حكم)، انظر مثلاً: Karl Popper, «A Note on Traski's Definition of Truth,» *Mind*, 64 (1955), p. 388, footnote 1.

إلا أن تارسكي نفسه قد بين بجلاء أنه لا يمكن وصف صيغة (سلسلة من الرموز) غير مفسرة بالصحة أو البطلان وهما محمولان لا يمكن تطبيقهما إلا على الصيغ المفسرة - على أحكام ذات معنى «meaningful sentences» (كما جاء في الترجمة). يمكن الترحيب دائما بتحسين المصطلحات إلا أن الأمر يصبح ظلامية محضة عندما ننتقد نظرية بسبب مصطلحاتها فقط.

«التناقض» أو «الترافق» «التضمن» الخ... إن هذه المفاهيم مفاهيم منطقية[25] غير تجربية تطبع قضية ما من دون أخذ تغيرات العالم التجربي بعين الاعتبار. فبينما نقبل بتغير خصائص الأشياء الفيزيائية (*genidentischer*) مع الزمن فإننا نقرر استعمال المحمولات المنطقية بحيث تظل الخصائص المنطقية لقضية ما لا زمنية: إذا كانت القضية تحصيل حاصلٍ فإنها كذلك إلى الأبد. وسنرفق هذه اللازمنية باستعمال مفهومي الصحة والبطلانُ مما يتفق تماماً مع الاستعمال اللغوي العام: فليس من الشائع القول عن قضية إنها كانت صحيحة أمس وأصبحت باطلة اليوم. وإذا ما أعلنا أمس عن قضية ما أنها صحيحة ثم قلنا عنها اليوم إنها باطلة فإننا بذلك نؤكد ضمنياً اليوم أننا أخطأنا أمس وأن القضية كانت باطلة أمس أيضاً (باطلة لا زمنياً في كل الأحوال) إلا أننا اعتبرناها صحيحة خطأً.

وهنا نرى بوضوح الفرق بين الصحة والتعزيز. صحيح أن تمييز قضية كمعززة أو غير معززة هو تمييز منطقي وبالتالي لازمني (يقيم هذا التمييز علاقة منطقية بين نظمة من القضايا القاعدية، معطاة ومعترف بها، ونظمة من النظريات). إلا أنه لا يمكننا إطلاقاً القول عن قضية كقضية وببساطة إنها «معززة» [بالمعنى المطلق الذي يمكننا بحسبه القول عنها إنها صحيحة] ولكنه يمكننا دائماً القول إنها معززة بالنسبة إلى نظمة معينة من القضايا القاعدية المعترف بها حتى لحظة معينة. «إن التعزيز الذي لاقته النظرية حتى يوم أمس» لا يتطابق منطقياً مع «إن التعزيز الذي لاقته النظرية حتى اليوم». يجب على نحو ما تعليق دليل [زمني] على كل حكم تعزيز يميز [221] نظمة القضايا القاعدية المعطاة مسبقاً التي يعتمد التعزيز عليها[24*].

وهكذا فالتعزيز ليس «قيمة صحة» ولا يمكن وضعه على قدم المساواة مع التعريفين (بدون دليل) «صحيح» و«باطل» لأنه يمكن إعطاء أي عدد من التعزيزات لنفس القضية، (ويمكن أن تكون كلها «صحيحة» و«مضبوطة») لأنها تشتق كلها من النظرية ومن القضايا القاعدية المعترف بها في آناء مختلفة.

يساعد ما تقدم على توضيح علاقتنا بما يسمى بالبراغماتية التي تحاول تعريف الصحة بواسطة التعزيز: إننا نتفق معها إذا ما اكتفت بالقول إنه لا يمكن أن يكون التثمين المنطقي لنجاح نظرية ما سوى حكم تعزيزها. إلا أننا لا نرى من

---

(25) (إضافة أثناء الطبع). قد يقول كارناب «مفاهيم تركيبية». انظر: Rudolf Carnap, *Logische Syntax der Sprache*.

(24*) انظر الهامش رقم (11*)، الفقرة 81 من هذا الكتاب.

المناسب إطلاقاً مطابقة مفهوم التعزيز مع مفهوم «الصحة»[25*]. وهي مطابقة يتجنبها الاستعمال اللغوي الشائع. يقول المرء عن نظرية إنها ضعيفة التعزيز أو إنها ما زالت سيئة التعزيز ولكنه لا يقول عادة إنها «ما زالت قليلاً جداً صحيحة» أو إنها ما زالت باطلة.

85 ـ طريق العلـم

يرتقي تطور الفيزياء متجهاً من النظريات الأقل عمومية إلى النظريات الأكثر عمومية. ويسمى هذه الاتجاه عادة «الاتجاه الاستقرائي» بحيث يمكن التساؤل ألا يشكل تقدم البحث وتطوره في اتجاه استقرائي حجة في صالح الطريقة الاستقرائية؟

إن هذا التطور في الاتجاه الاستقرائي لا يعني في أي حال من الأحوال تقدماً ناتجاً من الاستتباعات الاستقرائية. وقد ظهر جلياً لنا عبر مناقشتنا لدرجات قابلية الفحص وقابلية التعزيز أن النظريات المعززة لا تتجاوزها إلا نظريات أعم منها أي نظريات أفضل قابلية للفحص تتضمن النظريات التي كانت قد عززت كتقريب جيد لها على الأقل[26*]. ولذا فقد يكون من الأفضل تسمية هذا النزوع في التطور وهذا التقدم نحو النظريات الأعم بـ «الاستقرائي الظاهري».

يمكن تصور الإجراء في الاستقراء الظاهري على النحو التالي: يعد مشروع نظرية من درجة عمومية معينة ويراقب استنتاجياً ليصبح نظرية ثم تعاد الكرة بنظرية درجة عموميتها أعلى من الأولى تراقب بواسطة النظرية الأولى الأقل عمومية[27*] وهكذا دواليك. وتعتمد طرق المراقبة كلها وعلى الدوام على الاستتباعات الاستنتاجية، أما درجات العمومية فهي مبنية الواحدة على الأخرى. [222]

وهنا يطرح السؤال: لماذا لا نخترع مباشرة أكثر النظريات عمومية؟ ولماذا ننتظر التطور الاستقرائي الظاهري؟ أليس في هذا التطور لحظات استقرائية؟ إننا لا نعتقد ذلك. ففي كل يوم تطرح أفكار وتخمينات ونظريات من كل مستويات العمومية الممكنة. وقد تتولد عن النظريات التي تبلغ أعلى درجات العمومية، إن

(25*) لو عرفنا «صحيح» «كمفيد» (كما اقترح بعض البراغماتيين وخاصة ويليام جيمس William James) أو كـ «ناجح» أو «مؤكد» أو معزز «فلن نكون قد فعلنا شيئاً سوى إدخال مفهوم مطلق ولازمني جديد ليحل محل «صحيح».

(26*) انظر الصفحتين 274، 275 أعلاه.

(27*) إن الاستتباعات الاستنتاجية من درجة العمومية الأعلى إلى درجة العمومية الأخفض هي بطبيعة الحال تفسيرات بمعنى الفقرة 12. وهكذا فإن فرضيات درجة العمومية الأعلى مفسرة بالنسبة لمثيلاتها في درجة العمومية الأخفض.

صح التعبير، والتي تبتعد بالتالي عن المستوى الذي بلغه العلم [قابل الفحص] وقت انبثاقها «نظمات ميتافيزيائية». وهذه النظريات، وحتى إن أتاحت (أو أتاحت جزئياً كما هو عليه الحال مع سبينوزا (Spinoza)) اشتقاق قضايا علمية منها تنتمي إلى النظمة السائدة والمعززة آنذاك فإنها لا تأتي بأي شيء جديد يمكن التحقق منه ولا يمكن لأي تجربة حاسمة أن تعززها[28*]. أما إذا أمكن إعداد تجربة حاسمة من هذا القبيل فمعنى ذلك أن النظرية تتضمن ما هو معزز كتقريب أولي وأن شيئاً جديداً قابلاً للتحقق منه تجريبياً ينتج منها وأنها لم تعد بالتالي «ميتافيزيائية». وتبدو لنا عندئذٍ كخطوة جديدة في التطور الاستقرائي الظاهري. وهكذا يتضح لنا أن الانضمام إلى ركب العلم لا يتأتى عادة إلا إلى النظريات المرتبطة بموقف إشكالي معين أو بتناقضات وتفنيدات معينة. وتخلق هذه النظريات التجربة الحاسمة المرجوة في ذات الوقت الذي تحل فيه المشاكل التي تعترضها.

يمكننا، لتكوين صورة عن التطور الاستقرائي الظاهري، تمثل مختلف الأفكار والفرضيات بجزيئات معلقة في سائل. يمثل تساقط هذه الجزيئات في قعر الحاوي «العلم» المتنامي على شكل طبقات من العمومية. (يزداد سمك الترسبات وتقابل كل طبقة جديدة نظرية أعم من تلك التي تقع تحتها). وقد يحدث أحياناً في هذا التطور أن تنجح بعض الأفكار التي كانت تعوم، إن صح التعبير، في المناطق الميتافيزيائية العالية، في الانضمام إلى البحث العلمي. ومن الأمثلة عن تطور من هذا النوع المذهب الذري أي فكرة وجود عنصر أولي مكون وكذلك نظرية حركة الأرض التي حاربها بيكون باعتبارها تخيلاً والنظرية الجسيمية للضوء القديمة العهد ونظرية سائلية الكهرباء، (التي أعادت إحياءها فرضية غاز الإلكترونات في الناقلية المعدنية). وقد تكون هذه الأفكار والرؤى الميتافيزيائية قد ساعدت في الماضي على ترتيب الصورة التي نرى فيها العالم ولعلها أدت كذلك في ظروف معينة إلى وضع التنبؤات. إلا أنها لا تكتسي الطابع العلمي إلا إذا وضعت في شكل قابل للتفنيد [223] وأصبح من الممكن البت تجريبياً في صالحها أو في صالح نظريات أخرى منافسة.

لقد اتبع بحثنا الطريق الذي رسمته له الإثباتات التي انطلقنا منها ـ وبخاصة معيار الحد الفاصل ـ ونتائجها المختلفة. ونريد الآن ونحن ننظر خلفنا إعطاء تقرير عن الصورة التي رسمتها هذه الأبحاث للعلم وللبحث العلمي. ولا نقصد بالصورة

(28*) ليكن مفهوماً أن ما أقصده بتجربة حاسمة تجربة الغرض منها دحض النظرية إن أمكن، وعلى الأخص البت في شأن نظريتين منشأتين ودحض إحداهما على الأقل ـ من غير أن يعني ذلك بطبيعة الحال برهان الثانية ـ انظر أيضاً الهامش رقم (11)، الفقرة 22، والملحق التاسع* من هذا الكتاب.

هنا صورة العلم كظاهرة بيولوجية أو كأداة للتكيف أو كطريق ملتو لردود الأفعال وللإنتاج وإنما نقصد الصورة المتصلة بنظرية المعرفة.

ليس العلم نظمة قضايا يقينية وهو كذلك ليس نظمة تصبو إلى الوصول بتقدم مطرد إلى منتهى (إلى غاية)؛ وعلمنا ليس علماً (معرفة بالمعنى اليوناني)؟ (*epistēmē*): فهو لا يستطيع بلوغ الصحة أو بلوغ الاحتمال.

ومع ذلك فليس للعلم قيمة حيوية وحسب، وقيمته ليست بقابليته للاستعمال وبفوائده وحسب: ومع أنه لا يستطيع بلوغ الصحة أو الاحتمال فإن التعطش الفكري وحب المعرفة هما الدافعان الأقوى للبحث.

صحيح ما يقال: إننا لا نعلم وإنما نَحْسَبُ، وأن ظننا إنما تقوده معتقداتنا اللاعلمية والميتافيزيائية (وإن كانت البيولوجيا تفسرها) وثقتنا بوجود انتظامات يمكننا كشف الغطاء عنها ـ اكتشافها. ولعلنا نستطيع القول مع بيكون «إن طريقة التفكير التي يطبقها الناس عادة على الطبيعة . . . توقعات . . . وفروض طائشة وسابقة لأوانها»[26].

إلا أن توقعات العلم هذه، والجسورة غالباً بشكل عجيب، لا تقبل كما هي عليه وإنما تراقب بعناية وحرص شديدين عبر التحقق المنهجي منها. فلا يؤيد أي توقع على نحو دوغماتي حالما يطرح. ولا يسعى البحث العلمي إلى الدفاع عنه كما لا يسعى إلى إثبات أنه كان محقاً: إنه على العكس من ذلك يحاول مستعملاً كل الوسائل المنطقية والرياضية وكل الإمكانات التقنية الاختبارية المتاحة دحض التوقع كي يضع محله من جديد توقعات[*29] لا تقوم على أساس ولا يمكن تبريرها، كي يضع «فروضاً طائشة» و«سابقة لأوانها» كما قال بيكون ساخراً.

---

(26) Francis Bacon, *Franz Baco's Neues Organon*, Philosophiche Bibliothek; 32, Uebersetzt, Erlaütert und mit Einer Lebensbeschreibung des Veffassers Versehen von J. H. V. Kirchman (Berlin: [n. pb.], 1870), Art. 26, p. 90.

(*29) أن اصطلاح باكون («anticipatio») يعني تقريباً «الفرضية» بالمدلول الذي استعملته لهذه الكلمة. انظر: المصدر نفسه. كان باكون يرى أنه من الضروري لتحضير العقل للحدس بالجوهر الحقيقي أو بطبيعة الشيء تطهيره بعناية من كل التوقعات والأحكام السبقية والأوهام «Idola». فمصدر الأخطاء كلها عند باكون هو عدم صفاء أذهاننا: فالطبيعة لا تكذب. ووظيفة الاستقراء المقصي الأساسية هي الإسهام في تطهير العقل (كما عند أرسطو). انظر أيضاً الفصل 14، الجزء الثاني، وكذلك الهامش 59 للفصل 10، الجزء الأول، والهامش 33 للفصل الأول، الجزء الثاني من كتابي: *Offene Gesellschaft und ihre Feinde*. حيث عرضت نظرية أرسطو في الاستقراء باختصار. أما عن تطهير العقل من الأحكام السبقية فقد نظر إليها كطقوس يتبعها العلمي الراغب في إعداد عقله لقراءة كتاب الطبيعة وتفسيره على شاكلة الصوفي الراغب في رؤية الإله والمطهر لروحه استعداداً لذلك. انظر: Karl Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, pp. 14 f.

[224] ومن الممكن أن نرسم للعمل طريقاً أقل شاعرية ويمكن للمرء القول إنه يمكن للتقدم «. . . أن يتحقق في اتجاهين وحسب: بتجميع الإدراكات الحسية الجديدة وبتنظيم الادراكات التي في حوزتنا على نحو أفضل»[27]. ويبدو لي، على ما في هذا الوصف من صحة أنه لا يعطي الطابع المميز للتقدم العلمي وإنما يعيدنا بالذاكرة إلى الاستقراء عند بيكون، إلى الكد في جمع «العناقيد التي لا حصر لها»[28] والتي يعطي عصيرها خمر العلم، وإلى هذه الطريقة الخرافية بالسير قدماً من الرصد والتجربة إلى النظرية (وهي طريقة ما تزال بعض العلوم الجديدة تسعى لاتباعها معتقدة أنها طريقة الفيزياء التجريبية).

لا يعود الفضل في التقدم العلمي إلى التراكم المستمر لإدراكاتنا الحسية ولا إلى تعلمنا مع الزمن استعمال حواسنا على نحو أمثل. إن أخذ إدراكاتنا الحسية على عواهنها لا يؤدي بنا بتاتاً إلى العلم مهما بذلنا في تجميعها وترتيبها. إن وسيلتنا الوحيدة لوعي الطبيعة هي الأفكار وهي التوقعات اللامبررة والتأملات الجسورة التي لا نتوقف لحظة واحدة عن طرحها والرهان عليها: إن من لا يعرض أفكاره لخطر الدحض لا يشارك في اللعبة العلمية.

والفكر هو الذي يقود أيضاً فحص الأفكار عبر الاختبار: إن النظرية هي التي تخطط للعمل المخبري وتسيره. إننا لا نتعثر في اختياراتنا ولا ندعها تجرفنا كالتيار لأننا نحن الذين نصنعها، نحن الذين نصوغ الأسئلة ونطرحها على الطبيعة على الدوام منتظرين الإجابة عنها بدقة «بنعم» أو «بلا» ـ فالطبيعة لا تجيب إن لم [225] تسأل ـ إلا أننا نحن كذلك الذين نعطي الجواب في نهاية المطاف بعد أن نكون قد تفحصناه بعناية وبعد أن نكون قد بذلنا ما في وسعنا لدفع الطبيعة للإجابة «بلا» بجلاء وبدون لبس. يقول فايل «أقر من الصميم بالاحترام العميق الذي أكنه لعمل

---

(27) Philipp Frank, *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*, Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffassung; 6 (Wien: J. Springer, 1932).

* لا يزال الرأي الذي يعزو التقدم العلمي للادراكات الحسية واسع الانتشار (انظر مقدمتي لطبعة 1959 في هذا الكتاب). يرتبط رفضي لهذا الرأي ارتباطاً وثيقاً برفضي للطرح القائل إن العلم أو المعرفة مجبران على التقدم لأن خبرتنا تتراكم وتكبر حتماً. إني أرى على العكس أن التقدم العلمي يعتمد على الصراع الفكري الذي لا يتحقق إلا بالحرية، ولذا يتوقف التقدم العلمي عندما يقضى على الحرية (مع أنه قد يستمر لبعض الوقت في بعض المجالات وخاصة التكنولوجيا). عرضت هذا الرأي في كتابي: **Karl Popper**, *Das Elend des Historizismus*.

دافعت في مقدمة هذا الكتاب أيضاً عن الفكرة القائلة إنه لا يمكن التنبؤ بالوسائل العلمية بنمو معرفتنا ولا يمكن بالتالي التنبؤ بمستقبل التأريخية.

(28) Bacon, *Franz Baco's Neues Organon*, Art. 123, p. 173.

المجرب ولنضاله الدؤوب لينتزع من احتكاكه المباشر بالطبيعة وقائع قابلة التفسير. هذه الطبيعة التي لا تلين والتي تعرف كيف ترد على نظرياتنا بالنفي القاطع أو بالإيجاب الغامض»[29].

لم يكن المثل الأعلى للعلم القديم بالمعرفة المطلقة والموثوقة (*epistēmē*) إلا وهماً. تقتضي الموضوعية العلمية ببقاء القضايا العلمية مؤقتة. يمكن للقضية العلمية أن تعزز ولكن كل تعزيز نسبي، ويرتبط بعلاقات مع قضايا أخرى مثبتة مؤقتاً على غراره. ولهذا فإننا لا نستطيع أن نكون «على ثقة مطلقة»[30] إلا بقناعاتنا الذاتية، بمعتقداتنا الذاتية.

لقد سقطت مع سقوط وهم اليقين، بما في ذلك اليقين التدريجي، إحدى أهم العقبات أمام البحث. لم يكن هذا الوهم عقبة أمام طرح الأسئلة الجريئة وحسب بل كان عقبة أيضاً أمام التفحص الصارم والأمين. وينم التوق للبقاء على صواب عن الالتباس: إن ما يجعل من المرء رجل علم ليس تملكه للمعرفة وللحقيقة التي لا تتزعزع وإنما بحثه الدؤوب والنقاد من دون مراعاة لأحد عن الحقيقة.

هل يمكن وصف وجهة نظرنا هذه بالرضوخ؟ هل لا يقوم العلم إلا بوظيفته البيولوجية: تعزيز نفسه بالتطبيقات العملية؟ هل ستبقى مهمة العلم الفكرية غير قابلة للتحقق؟ لا أرى ذلك فالعلم لا يركض وراء سراب الأجوبة النهائية أو سراب جعلها محتملة ولم يضع ذلك نصب عينيه البتة. إن ما يحدد طريق العلم هو هذه المهمة التي لا نهاية لها وإن لم تكن مستحيلة، المتمثلة بالاكتشاف غير المنقطع لمسائل جديدة أكثر عمقاً وعمومية من سابقتها باستمرار وبإخضاع الأجوبة الحالية التي نحصل عليها إلى فحوص متجددة وأكثر صرامة باستمرار أيضاً.

هنا ينتهي نص **منطق البحث العلمي** لعام (1934) المتبوع بالملحقات القديمة (1934) من الصفحة 305 إلى الصفحة 327. أضيفت الصفحة التالية إلى الفصل المعنون بالتعزيز عام (1968).

[226] * إضافة (1968). حاولت جهدي في الفصل الأخير من كتابي عام

---

(29) Herman Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, 2nd ed. (Leipzig: S. Hirzel, 1931), p. 2.

(30) انظر على سبيل المثال الهامش رقم (30)، الفقرة 30 من هذا الكتاب. ليس لهذه الملاحظة بطبيعة الحال أي صلة بمنطق المعرفة؛ إنها نفسانية. انظر الفقرتين 7 و8 من هذا الكتاب.

(1934) التركيز على ما أعنيه بدرجة التعزيز لنظرية ما. إنها ليست سوى تقرير قصير يلخص كيفية مواجهة النظرية للفحوص التي تعرضت لها ويبيّن مدى صرامة هذه الفحوص.

لم أحد أبداً عن وجهة النظر هذه[31]. أود هنا إلحاق النقاط التالية:

(1) ليس مشكل الاستقراء المنهجي والمنطقي مستحيل الحل ولكن كتابي يقدم حلاً سلبياً بمعنى أننا (أ) لا يمكننا تبرير النظريات لا كنظريات صحيحة ولا كنظريات محتملة. يوائم هذا الحل السلبي الحل الإيجابي التالي: (ب) يمكننا تبرير تفضيلنا لنظريات معينة على ضوء تعزيزها أي على ضوء الوضع الراهن للمناقشة النقدية للنظريات المتنافسة من حيث قربها من الصحة[32].

(2) يمكن صياغة مشكل الاستقراء الميتافيزيائي (أو الأنطولوجي (الوجودي)) الذي تضعه فكرة القرب من الصحة على النحو التالي: هل توجد نظريات صحيحة؟ أو هل توجد قوانين طبيعية؟[33]. أجيب بنعم على هذا السؤال إن إحدى الحجج المؤيدة لهذا الجواب الافتراضي، التي قد تكون غير علمية (وإنما متعالية)[34] هي: إن لم تكن هناك انتظامات فلن تجد رصداً ولا لغة. لن تجد توصيفاً وبالتالي لن تجد حجة.

(3) ينطوي هذا الحل الموجب لمشكل الاستقراء (الوجودي) على واقعية ميتافيزيائية أو (وجودية).

(4) يجد مشكل الاستقراء العملي الحل من نفسه: إن التفضيل العملي لنظرية تبدو لنا على ضوء المناقشة أقرب إلى الصحة تفضيل محفوف بالمخاطر إلا أنه عقلاني.

(5) إن المشكل النفساني (المتمثل في السؤال عما الذي يجعلنا نعتقد أن النظرية المختارة ستبقى معززة في المستقبل أيضاً) تافه في نظري: إن «المعتقد»

---

(31) انظر على سبيل المثال الصفحات الثمان الأولى انطلاقاً من ص 411 وص 439، 469-470، وعلى وجه الخصوص الفقرة 14*، ص 472-474 من هذا الكتاب.

(32) انظر الملحق الخامس عشر* من هذا الكتاب.

(33) انظر ص 274 وما يليها، وكذا هامش الصفحة 493 من هذا الكتاب.

(34) انظر ص 140 وهامش الصفحة 417 من هذا الكتاب.

ليس سوى ظاهرة تكيف نختارها انتقائياً (كل المعتقدات لا عقلانية إلا أنها قد تكون هامة عملياً في أفعالنا).

(6) واضح أننا لم نحل كل «مشاكل الاستقراء» الممكنة. («هل سيكون المستقبل شبيهاً بالماضي؟» هذا ما تستشعره إحدى نظريات الزمن وترى أنهما سيتشابهان وسوف لن يتشابها)[35].

* إضافة (1982)

(7) أغفل أغلب منتقديني النظر إلى نظريتي في «الاستقراء الظاهري»[36]. إنها توضح بما فيه الكفاية ما يسميه الناس بحماس «الاستقراء» ويجابهونني في أيامنا هذه به.

(8) انظر فيما يتعلق بالاحتمال الاستقرائي الملحق الجديد الثامن عشر*.

---

(35) انظر ص 274 وما بعدها، وص 493 وما بعدها، وخاصة الملحق الخامس* من هذا الكتاب.

(36) انظر ص 296، انظر أيضاً ص 274، 275 من هذا الكتاب.

الملحقـــــــات

الملحق الأول

تعريف بعد النظرية

(الفقرتان 38، 39)

يجب النظر إلى التعريف التالي[*1] كمحاولة (مؤقتة) للتوفيق بين تعريف بعد النظرية وبعد صف المنحنيات ذات العلاقة في حال وضع مترية لحقل التطبيق (وكذلك لحقل التمثيل البياني). إن منشأ الصعوبة هو أنه لا يجوز لنا تعريف أي مترية «للحقل» ولا تعريف أي توبولوجيا له، وعلى وجه الخصوص أي علاقة جوار. سيتجاوز تعريفنا هذه الصعوبة. إن ما يتيح لنا هذا التجاوز هو أن النظرية تحظر دوماً السيرورات («المتماذجة»)[1]. ولهذا فستظهر بصورة عامة في القالب المولد لحقل التطبيق إحداثيات مكانية-زمانية مما يؤدي إلى ظهور نظام توبولوجي بل ونظام متري أيضاً في حقل القضايا الذرية نسبياً.

وإليكم التعريف: نقول عن نظرية t إنها ذات بعد d بالنسبة لحقل التطبيق F [إذا وفقط إذا] قامت العلاقة التالية بينها وبين الحقل F: يوجد عدد d بحيث (a) لا تتعارض النظرية مع أي مضاعف d للحقل و(b) يقسم كل مضاعف d معطى مسبقاً

(*1) لنعط التعريف التالي الأكثر بساطة والأعم إلى حد ما: لتكن A وX مجموعتي قضايا. (بالحدس: A مجموعة من القوانين العامة وX مجموعة من ـ قضايا الفحص ـ لامنتهية عادة). نقول إن X حقل تطبيق (متجانس) بالنسبة لـ A (ونرمز $(X = F_A)$) إذا وفقط إذا وجد لكل قضية a من A عدد طبيعي $d(a) = n$ يحقق الشرطين الآتيين: (I) كل توافق c_n لـ n قضية مختلفة من المجموعة X يلائم a؛ (II) يوجد في X ومن أجل كل توافق c_n من هذا القبيل قضيتان x وy تحققان: $x.c_n$ لا يلائم a و$y.c_n$ يمكن اشتقاقه من $a.c_n$ ولكنه لا يشتق من a وحدها أو c_n وحدها.

يسمى $d(a)$ بعد a أو درجة عقدية a بالنسبة لـ $X = F_A$؛ ويمكن النظر إلى $1/d(a)$ أو $1/d(a)+1$ كقياس لبساطة a أو لقابلية فحصها. يعالج هذه المسألة بتفصيل أكبر، الملحق الجديد السابع*، وخاصة ص 425 وما يليها، والملحق الثامن* من هذا الكتاب.

(1) انظر الفقرتين 23 و31 من هذا الكتاب.

بالترافق مع النظرية كل القضايا الذرية نسبياً الباقية للحقل إلى صفين جزئيين A وB بشكل وحيد يتمتعان بالصفات التالية: (α) تشكل كل قضية من الصف A بالترافق مع المضاعف d المعطى مسبقاً مضاعفاً $d+1$ مفنداً، أي إمكانية تفنيد النظرية. [بمعنى أن المفند، المضاعف $d+1$ يناقض النظرية]. (β) أما الصف B فهو مجموع (منته على الأكثر) ومؤلف من (واحد على الأقل) صفوف جزئية [B_i] غير منتهية بحيث يلائم ترافق أي عدد كان من القضايا المنتمية إلى أي واحدة من هذه الصفوف الجزئية [B_i] ترافق المضاعف d المعطى سابقاً مع النظرية. [230]

إن هدف هذا التعريف هو إقصاء إمكانية وجود حقلي تطبيق لنظرية ما بحيث تولد القضايا الذرية نسبياً لأحدهما بالترافق القضايا الذرية نسبياً للأخر. (لا بد من هذا الإقصاء في حالة وجوب قابلية التطابق بين حقل التطبيق والتمثيل البياني)[2]. لنلاحظ أنه وبفضل هذا التعريف قد تم حل «مشكلة القضية الذرية»[3] بالطريقة المسماة «بالاستنتاجية»: فالنظرية نفسها هي التي تحدد القضايا الخاصة التي هي قضايا ذرية نسبياً، بالنسبة لها؛ لأن حقل التطبيق يعرف من خلالها ـ أي القضايا المتكافئة بالنسبة لها من حيث صورها المنطقية. وهكذا فإن مشكلة القضايا الذرية لا يحلها اكتشاف قضايا ذات شكل بدائي تبنى منها القضايا الأخرى المركبة استقرائياً، أو المبنية وفق طريقة دالة الحقيقة. وعلى العكس فإن القضايا الذرية نسبياً (ومعها القضايا المنفردة) تبدو على شكل «ترسبات» إن صح التعبير للقضايا الكلية في النظرية.

---

(2) انظر الفقرة 39 من هذا الكتاب.

(3) انظر الهامش رقم (20)، الفقرة 38 من هذا الكتاب.

[231]

الملحق الثاني

حساب التواتر العام في الصفوف المنتهية[*1]

(الفقرتان 52 و53)

مبرهنة الضرب العامة: ليكن α الصف المرجعي المنتهى وβ وγ صفا علامة. تجيب الصيغة التالية عن السؤال عن تواتر العناصر التي تمتلك العلامتين β وγ معاً:

$$_{\alpha}H''(\beta.\gamma) = {_{\alpha}H''(\beta)} \cdot {_{\alpha.\beta}H''(\gamma)} \qquad (1)$$

أو، نظراً للتبادل بين β وγ

$$_{\alpha}H''(\beta.\gamma) = {_{\alpha\gamma}H''(\beta)} \cdot {_{\alpha}H''(\gamma)} \qquad (1')$$

ينتج البرهان مباشرة من التعريف في الفقرة 52 حيث نبدل الطرف الثاني:

$$\frac{N(\alpha.\beta.\gamma)}{N(\alpha)} = \frac{N(\alpha.\beta)}{N(\alpha)} \cdot \frac{N(\alpha.\beta.\gamma)}{N(\alpha.\beta)} \qquad (1.1)$$

وهي متطابقة عندما نختصر $N(\alpha . \beta)$[1].

وإذا فرضنا «الاستقلال»[2]، أي بفرض أن

$$_{\alpha.\beta}H''(\gamma) = {_{\alpha}H''(\gamma)} \qquad (1^s)$$

(1*) طورت هذا الملحق بعد ذلك إلى موضوعاتية الاحتمالات. انظر الملحقات الثالث* ـ الخامس* من هذا الكتاب.

(1) لهذا البرهان والبرهان (2s)، انظر: Hans Reichenbach, «Axiomatik der Wahrschenlichkeitsreschnung,» *Mathematische Zeitschrift*, 34 (1932), p. 593.

(2) انظر الفقرة 53 من هذا الكتاب.

فإن العلاقة (1) تأخذ شكل مبرهنة الضرب الخاصة

$${}_{\alpha}H''(\beta.\gamma) = {}_{\alpha}H''(\beta) \, . \, {}_{\alpha}H''(\gamma) \qquad (1_s)$$

ويمكن البرهان على تناظر علاقة الاستقلال بالاستعانة بتكافؤ (1) و(1')[3].

مبرهنات الجمع تجيب عن السؤال عن تواتر العناصر التي تمتلك إما العلامة β أو العلامة γ. لنرمز إلى الاتحاد الفاصل لهذين الصفين بـ $\beta+\gamma$ حيث لا تعني إشارة + بين رمزي الصفين الجمع الرياضي وإنما «أو» الذي لا يفيد الإقصاء فإن مبرهنة الجمع العامة تقول

$$\alpha H''(\beta+\gamma) = {}_{\alpha}H''(\beta) + {}_{\alpha}H''(\gamma) - {}_{\alpha}H''(\beta.\gamma) \qquad (2)$$ [232]

ينتج البرهان هنا أيضاً من التعريف في الفقرة 52 مع الأخذ بعين الاعتبار للعلاقة التالية في حساب الصفوف والصالحة عامة

$$\alpha \, . \, (\beta + \gamma) = (\alpha.\beta) + (\alpha.\gamma) \qquad (2.2)$$

وكذا العلاقة [الصالحة عامة أيضاً]

$$N(\beta + \gamma) = N(\beta) + N(\gamma) - N(\beta.\gamma) \qquad (2.1)$$

ينتج من (2) بفرض أن β وγ غريبان عن بعضهما في α وهو ما نرمز إليه بـ

$$N(\alpha.\beta.\gamma) = 0 \qquad (2^s)$$

مبرهنة الجمع الخاصة

$${}_{\alpha}H''(\beta+\gamma) = {}_{\alpha}H''(\beta) + {}_{\alpha}H''(\gamma) \qquad (2_s)$$

تصح مبرهنة الجمع الخاصة على كل العلامات، التي هي علامات أولية لصف α ما، لأن العلامات الأولية تنفي بعضها بعضاً. إن مجموع التواترات النسبية لهذه العلامات الأولية يساوي الواحد دوماً بطبيعة الحال.

مبرهنات القسمة وهي تعطينا تواتر علامة γ في صف جزئي من α جرى انتقاؤه وفق العلامة β. يجيبنا عكس العلاقة (1) على هذا السؤال

$${}_{\alpha.\beta}H''(\gamma) = \frac{{}_{\alpha}H''(\beta.\gamma)}{{}_{\alpha}H''(\beta)} \qquad (3)$$

---

(3) انظر الهامش رقم (19)، الفقرة 53 من هذا الكتاب.

وإذا ما حولنا مبرهنة القسمة العامة (3) بالاستعانة بمبرهنة الضرب الخاصة فسنحصل على

$$ {}_{\alpha.\beta}H''(\gamma) = {}_{\alpha}H''(\gamma) \qquad (3^s) $$

حيث نجد من جديد الشرط (1^s) أي أن: الاستقلال حالة خاصة من الانتقاء.

كما أن ما يسمى بقواعد بايز هي كذلك حالات خاصة من مبرهنة التقسيم. ينتج من (3) بفرض أن $(\alpha.\gamma)$ هو صف جزئي من β، أو بالرمز

$$ \alpha . \gamma \subset \beta \qquad (3^{bs}) $$

الصيغة الأولى (الخاصة) لقواعد بايـز

$$ {}_{\alpha.\beta}H''(\gamma) = \frac{{}_{\alpha}H''(\gamma)}{{}_{\alpha}H''(\beta)} \qquad (3_{bs}) $$

يمكننا التخلص من الفرضية (3^{bs}) بأن نعطي بدلاً من β مجموع (أي صف اتحاد) الصفوف β_1، β_2 ... β_i . ويمكننا إذا ما استبدلنا الإشارة + للصفوف بإشارة Σ كتابة الصيغة الثانية (العامة) لقواعد بايز

$$ {}_{\alpha.\Sigma\beta_i}H''(\gamma) = \frac{{}_{\alpha}H''(\beta_i)}{{}_{\alpha}H''(\Sigma\beta_i)} \qquad (3_b) $$

[233] يمكننا أن نطبق على مخرج الطرف الثاني مبرهنة الجمع الخاصة (2_s) بفرض أن الصفوف β_i غريبة بعضها عن بعض في α وهو ما نرمز إليه بـ

$$ N(\alpha . \beta_i . \beta_j) = 0 \ (i \neq j) \qquad (3/2^s) $$

لنصل إلى الصيغة الثالثة (الخاصة) لقواعد بايز ـ وهي صالحة للتطبيق على الخصوص من أجل العلامات الأولية β_i

$$ {}_{\alpha.\Sigma\beta_i}H''(\beta_i) = \frac{{}_{\alpha}H''(\beta_i)}{\Sigma\, {}_{\alpha}H''(\beta_i)} \qquad (3/2_s) $$

نحصل على الصيغة الرابعة[*2] (الخاصة) والأهم لقواعد بايز من العلاقتين السابقتين ومن الفرض الإضافي

$$ \alpha.\gamma \subset \Sigma\beta_i \qquad (4^{bs}) $$

(وهو فرض محقق دوماً في حالة تحقق أحد الفرضين التاليين الأقوى منه $\alpha \subset \Sigma\beta_i$

(*2) أضيفت هذه الصيغة الرابعة لقواعد بايز للمرة الأولى في الطبعة الألمانية الثانية لهذا الكتاب. يجب أن نشترط قبل العلاقات (3)، (3_{bs}) و(3_b) و($3/2_s$) و(4_s) أن المخرج لا يساوي الصفر.

أو ($\gamma \subset \Sigma\beta_i$). نبدل أولاً في ($3/2_s$) β_i بـ $\beta_i.\gamma$ ونطبق بعد ذلك على الطرف الأيسر للنتيجة العلاقة المستخلصة من (4^{bs})

$$\alpha.\Sigma\, \gamma.\beta_i = \alpha.\gamma$$

ونطبق على الطرف الأيمن العلاقة ($1'$) على الصورة والمخرج على حد سواء فنحصل على

$$\alpha.\gamma H''(\beta_i) = \frac{{}_{\alpha\beta_i}H''(\gamma).{}_{\alpha}H''(\beta_i)}{\Sigma\left({}_{\alpha.\beta_i}H''(\gamma)\,.{}_{\alpha}H''(\beta_i)\right)} \qquad (4_s)$$

عندما تشكل الـ β_i نظمة علامات مقصورة وكانت γ علامة ما، فهي (في الصف المرجعي α) صف جزئي من $\Sigma\beta_i$ فإن تواتر كل علامة من العلامات β_i في الصف الجزئي من α المنتقى وفق العلامة γ تحدده العلاقة (4_s).

الملحق الثالث

اشتقاق صيغة ثنائي الحد (صيغة نيوتن الأولى) من أجل مقاطع متتاليات متراكبة ومنتهية

(الفقرة 56)

يمكن البرهان على صيغة نيوتن الأولى[*1]

$${}_{\alpha_{(n)}}H''(m) = \binom{n}{m} p^m q^{n-m} \qquad (1)$$

حيث $p = {}_{\alpha}H''(1)$، $q = {}_{\alpha}H''(0)$ و $m \leq n$ وبفرض أن α $n - 1$ (على الأقل) حرة من الفعل اللاحق (وبإهمال الأخطاء الناتجة عن الحدود الأخيرة؛ انظر الفقرة 55) إذا ما برهنا أن

$${}_{\alpha_{(n)}}H''(\sigma_m) = p^m q^{n-m} \qquad (2)$$

حيث يشير σ_m إلى أي n حداً معطى سلفاً يحتوي على m واحداً. (يعني هذا الرمز أيضاً أن ترتيب الـ m واحداً في هذه المتتالية معطى كذلك). ذلك أنه إذا كانت (2) صحيحة من أجل كل n، m وσ (أي من أجل ترتيب معين) فإن (1) صحيحة أيضاً بتطبيق مبرهنة الجمع الخاصة وبتطبيق القضية المعروفة في حساب التوفيقات القائلة بوجود $\binom{n}{m}$ إمكانية لتوزيع m واحداً على n موضعاً.

لنقبل إذاً أن (2) قد برهنت من أجل عدد n ما. أي من أجل n معين ومن أجل كل الإمكانيات لـ m وσ. وسنبرهن أنها صحيحة من أجل $n+1$ أي أننا نريد البرهان على

(*1) لنلاحظ أن $\binom{n}{m}$ هي طريقة أخرى لكتابة أمثال ثنائي الحد $^{n}C_{m}$ أي عدد إمكانيات ترتيب m شيئاً في n موضعاً حيث فرض أن $m \leq n$.

$$_{\alpha_{(n+1)}}H''(\sigma_{m+0}) = p^m q^{n+1-m} \quad (3.0)$$

و

$$_{\alpha_{(n+1)}}H''(\sigma_{m+1}) = p^{m+1} q^{(n+1)-(m+1)} \quad (3.1)$$

حيث تعني σ_{m+0} وσ_{m+1} المتتالية التي أضفنا فيها إلى σ_m بالترتيب صفراً أو واحداً.

لنفرض الآن أن α هي $n-1$ (على الأقل) حرة من الفعل اللاحق من أجل كل أطوال المقاطع التي نأخذها بعين الاعتبار فهي بالتالي n - حرة إذا اعتبرنا المقطع ذا الطول $n+1$. ويمكننا إذاً الادعاء، إذا ما انتقينا لاحقاً لـ الـ n [235] حداً σ_m ولنسمه σ'_m، أن هذا الانتقاء مستقل وأنه من الممكن تطبيق مبرهنة الضرب الخاصة، أي أن نقول إن

$$H'(\sigma'_m . 0) = {}_{\alpha}H'(\sigma'_m) . {}_{\alpha}H'(0) = {}_{\alpha}H'(\sigma'_m) . q \quad (4.0)$$

$$_{\alpha}H'(\sigma'_m . 1) = {}_{\alpha}H'(\sigma'_m) . {}_{\alpha}H'(1) = {}_{\alpha}H'(\sigma'_m) . p \quad (4.1)$$

ولما كان من الواضح أن عدد اللواحق σ'_m للمتتالية σ_m في α يساوي لعدد المتتاليات σ_m في $\alpha_{(n)}$ أي أن

$$_{\alpha}H'(\sigma_m) = {}_{\alpha_{(n)}}H'(\sigma_m) \quad (5)$$

وهذا ما يمكننا من تحويل الطرف الأيمن في العلاقتين (4)، ومن الكتابة أيضاً محولين الطرف الأيسر

$$_{\alpha}H'(\sigma_m . 0) = {}_{\alpha_{(n+1)}}H'(\sigma_{m+0}) \quad (6.0)$$

$$_{\alpha}H'(\sigma_m . 1) = {}_{\alpha_{(n+1)}}H'(\sigma_{m+1}) \quad (6.1)$$

وباستبدالنا (5) و(6) في (4) نحصل على

$$_{\alpha_{(n+1)}}H'(\sigma_{m+0}) = {}_{\alpha_{(n)}}H'(\sigma_m) . q \quad (7.0)$$

$$_{\alpha_{(n+1)}}H'(\sigma_{m+1}) = {}_{\alpha_{(n)}}H'(\sigma_m) . p \quad (7.1)$$

وهكذا نرى، بفرض أن (2) صحيحة من أجل n ما (ومن أجل كل الـ σ_m المتعلقة به)، أن (3) صحيحة أيضاً بالاستقراء الرياضي (الاستدلال الرجعي). ومن السهل علينا أن نرى أن (2) محققة من أجل $n=2$ ومن أجل كل σ_m $(m \leq 2)$ بأن نضع $m=1$ ثم $m=0$ وهكذا فـ (3) تليها (2) تليها (1) محققة.

الملحق الرابع

إرشادات لإنشاء نماذج من المتتاليات ذات الطابع العشوائي

(الفقرات 58، 64، 66)

سنفرض كما فعلنا في الفقرة 55 أنه من الممكن، من أجل أي عدد منته n معطى سلفاً. إنشاء دورة n- حرة من الفعل اللاحق ومتساوية التوزيع. يظهر في دورة من هذا القبيل أي توافق من مضاعفات x الممكنة (حيث $x \leq n+1$) المؤلفة من آحاد وأصفار مرة على الأقل[1*].

(a) ننشئ على النحو التالي متتالية نموذجية حرة من الفعل اللاحق: نكتب دورة لا على التعيين من هذا النوع تحتوي على عدد منته من الحدود وليكن n_1 حداً. ثم نكتب دورة ثانية n_1-1 حرة (من الفعل اللاحق) على الأقل وليكن طول هذه الدورة n_2. سيوجد في هذه الدورة الجديدة مقطع واحد على الأقل متطابق مع

(1*) يمكن حل مسألة إنشاء دورة مولدة لمتتالية n - حرة ومتساوية التوزيع بطرق مختلفة. وإحدى الطرق البسيطة هي التالية: نضع $x = n+1$ وننشئ في البداية جدول الـ 2^x إمكانية لمضاعفات x المؤلفة من آحاد وأصفار (والمرتبة وفق قاعدة ما؛ لنقل وفق كبرها). ثم نبدأ الدورة بأن نكتب آخر مضاعفات x، المؤلف من الآحاد فقط، ونشطبه من الجدول. ثم نتابع بحسب القاعدة التالية: نضيف صفراً إلى مقطع البداية إذا كان ذلك مسموحاً؛ وإلا نضيف واحداً ونشطب من الجدول على الدوام آخر مضاعف x بنيناه في دورة البداية أيا كان هذا المضاعف. (نقصد هنا «بمسموح» عندما يكون آخر مضاعف x مبني في دورة البداية على هذا النحو لم يظهر بعد وبالتالي لم يشطب من الجدول). نقوم بذلك إلى أن نشطب كل مضاعفات x من جدولنا. والنتيجة هي متتالية طولها 2^x+x-1 مؤلفة من: (a) دورة مولدة، طولها $2^x=2^{n+1}$ لمتناوبة n - حرة من الفعل اللاحق ومن (b) الـ n حداً الأول في الدورة التالية. يمكن وصف المتتالية المنشأة على هذا الشكل «بأقصر» متتالية n - حرة، ذلك أنه من السهل علينا أن نرى أنه لا يمكن أن يكون لمقطع دوري و n - حرة أي دورة مولدة يقل طولها عن 2^{n+1}.

برهنا، الدكتور ل. ر. ب. إيلتون (*L. R. B. Elton*) وأنا، على صحة طريقة الإنشاء المعطاة هنا ونتطلع إلى إصدار نشرة مشتركة حول هذا الموضوع.

الدورة الأولى ذات الطول n_1. ونعيد ترتيب الدورة الجديدة بحيث تبدأ بهذا المقطع (وهو ما يمكننا على الدوام فعله بحسب الفقرة 55). ونكتب الآن دورة ثالثة n_2-1 حرة على الأقل ونفتش فيها عن المقطع المتطابق مع الدورة الثانية، ونعيد ترتيب [237] الدورة الثالثة بحيث تبدأ بهذا المقطع وهكذا دواليك: سنحصل على هذا النحو على متتالية متنامية الطول بسرعة كبيرة، تبدأ بالدورة الأولى؛ وتبدو هذه الدورة كمقطع بداية في الدورة الثانية وهكذا. يمكننا إتمام طريقة الإنشاء هذه باختيار مقطع بداية محدد وبإعطاء بعض الشروط الإضافية، كأن نشترط ألا تكون الدورات المكتوبة أطول مما يلزم (أن تكون بالتحديد n_i-1 حرة وليس n_i-1 حرة على الأقل). وهكذا نحصل على متتالية محددة تماماً ومعرفة بوضوح بحيث يمكننا مبدئياً أن نحسب من أجل كل حد من حدود المتتالية لمعرفة ما إذا كان واحداً أو صفراً(*2).

(*2) يمكننا أن نعطي مثلاً ملموساً لهذا الإنشاء ـ أي لإنشاء أقصر متتالية ذات طابع عشوائي كما أود أن أسميها الآن ـ بأن نبدأ بالدورة

(0)   01

ذات الطول $n_0=2$ (يمكن القول إن هذا الدورة تولد متناوبة 0 – حرة). يجب علينا بعد ذلك إنشاء دورة n_0 - 1 حرة، أي 1 - حرة. ونحصل بالاستعانة بالطريقة التي أعطيناها في الهامش رقم (1*) أعلاه «00 11» كدورة مولدة لمتناوبة 1 – حرة. ويجب علينا الآن أن نعيد ترتيب هذه الدورة بحيث تبتدأ بالمقطع «0 1» الذي أشرت إليه بـ (0) ونحصل كنتيجة لإعادة الترتيب على الدورة (1)

(1)   0110

و $n_1=4$. ثم تنشئ تبعاً لطريقة الهامش رقم (1*) الدورة الـ n_1 - 1 حرة (أي 3 – حرة) وهي

111000010011010

ونعيد ترتيب هذه المتتالية بحيث تبدأ بمقطع البداية (1) ونحصل على

(2)   011010111000010

وبما أن n_2 = 16 فمن الواجب، بحسب طريقة الهامش رقم (1*)، إنشاء دورة 15 – حرة طولها 2^{16} = 65536 ولنسمها (3)، وعلينا فور إنشاء هذه الدورة (3) الـ 15 – حرة أن نتثبت من موقع المقطع (2) في هذه الدورة الطويلة ومن ثم إعادة ترتيبها بحيث تبدأ بـ (2) وننشئ (4) ذات الطول 2^{65536}.

يمكننا أن نسمي المتتالية المنشأة وفق هذه الطريقة «أقصر متتالية ذات طابع عشوائي» لأن (I) كل خطوة من خطوات الإنشاء تقوم على إنشاء أقصر دورة n -حرة من أجل n ما، انظر الهامش رقم (1*) أعلاه. ولأن (II) المتتالية أنشئت بحيث تبدأ، أيّا كانت مرحلة الإنشاء، بأقصر دورة n– حرة. وبالتالي تضمن طريقة الإنشاء هذه كون كل قطعة بداية ذات الطول

$$m = 2^{2^{2^{\cdot}}}$$

هي أقصر دورة n– حرة من أجل أكبر قيم n (أي من أجل ($n = \mathrm{Log}_2 m-1$)).

إن صفة «القصر» هامة. لأنه يوجد دوماً متتاليات n -حرة من الفعل اللاحق أو حرة من الفعل اللاحق إطلاقاً وبالتوزيع المتساوي، تبدأ بمقطع منته طوله m لا على التعيين من دون أن يكون لها أي طابع عشوائي وإنما مؤلفة من أصفار فقط أو من آحاد فقط، أو من أي ترتيب «منتظم» حدسياً. ومن هنا يتبين لنا أن تطلب الـ n -حرية بل والحرية المطلقة غير كاف في نظرية الاحتمالات المطبقة. يجب أن نتطلب شيئاً =

وبهذا نكون قد حصلنا على متتالية (معرفة) ومنشأة وفق قواعد رياضية وحيث قيمتا [238] التواتر فيها هما

$$_{\alpha}H'(1) = {}_{\alpha}H'(0) = \frac{1}{2}$$

يمكننا، بالاستعانة بالبرهان المستعمل في الفقرة 60 لإثبات صيغة نيوتن الثالثة أو مبرهنة بيرنوللي (في الفقرة 61)، البرهان على وجود متتاليات حرة من الفعل اللاحق (بالتقريب الذي نريد) ومن أجل أي قيمة تواتر نريد ـ شريطة أن نفرض وجود متتالية واحدة حرة من الفعل اللاحق، وهو ما أثبتناه أعلاه.

(b) يمكن تطبيق طريقة إنشاء مماثلة لإثبات وجود متتاليات تمتلك قيمة تواتر وسطية حرة من الفعل اللاحق[1] دون أن يكون لها أي قيمة تواتر حدية. يكفينا هنا أن نعدل طريقة الإنشاء في (a) بحيث ندخل بعد عدد معين من الزيادات في طول المتتالية عدداً منتهياً من الآحاد وبطول كاف للحصول على قيمة تواتر p محددة ومختلفة عن $\frac{1}{2}$ معطاة مسبقاً. تصبح المتتالية المكتوبة على هذا النحو بعد وصولنا إلى قيمة التواتر p (وليكن طولها m_1) مقطع بداية لدورة $m_1 - 1$ حرة ومتساوية التوزيع، الخ.

(c) يمكننا أخيراً وبطريقة مماثلة بناء نموذج لمتتالية تمتلك أكثر من قيمة تواتر وسطية حرة إطلاقاً. ولما كانت توجد متتاليات بحسب (a) حرة إطلاقاً ولا تتمتع بالتوزيع المتساوي فإننا نحتاج إلى متتاليتين فقط من هذا النوع (A) و(B) (بتواترين p وq بالترتيب) نرفقهما بعضهما ببعض على النحو التالي: نبدأ بمقطع من (A) (بالتواتر p) معطى سلفاً ونفتش في (B) حتى نجد فيها هذا المقطع ثم نعيد ترتيب كل الدورة الموجودة قبل هذه النقطة بحث تبدأ بالمقطع المذكور ونستعمل كل الدورة التي أعيد ترتيبها في (B) كمقطع بداية [نأخذه طويلاً بما فيه الكفاية لكي يكون تواتره مساوياً لـ q]. نفتش الآن في (A) حتى نجد فيها هذا المقطع ونعيد ترتيب (A) الخ: وهكذا نحصل على متتالية تحتوي على الدوام على حدود بحيث تكون المتتالية حتى الوصول إلى هذه الحدود n_1 حرة من أجل التواتر النسبي [239] للمتتالية (A)، كما أن لها على الدوام أيضاً حدوداً بحيث تكون المتتالية كلها

= آخر عوضاً عن هذا التطلب يمكن صياغته على النحو التالي: يجب أن تكون الـ n -حرة جلية منذ البداية. وهذا تحديداً ما تحققه «أقصر» متتالية ذات طابع عشوائي على أفضل وجه. ولذا يمكن النظر إلى متتالية من هذا النوع كقياس مثالي للعشوائية. ويمكن البرهان على تقارب هذه المتتاليات الأقصر خلافاً لما هو عليه الحال في المثالين المعطيين في هذا الملحق (b) و(c). انظر أيضاً الملحق السادس* من هذا الكتاب.

(1) انظر الفقرة 64 من هذا الكتاب.

وحتى الوصول إلى أحد هذه الحدود n_i حرة من أجل قيمة تواتر المتتالية (B). ولما كان العدد n_i يرتفع في هذا الحالة من دون حدود فإننا نحصل بهذا الشكل على طريقة لإنشاء متتالية تمتلك تواترين وسطيين حرين من الفعل اللاحق ومختلفين عن بعضهما، ذلك أننا نستطيع تعيين (A) و(B) بحيث تختلف قيمتا تواتريهما الحديتان الواحدة عن الأخرى.

ملاحظة: تتضح قابلية تطبيق مبرهنة الضرب الخاصة على المسألة التقليدية للعب برمي نردين X وY (والمسائل المتعلقة بها) إذا ما قبلنا افتراضياً على سبيل المثال أن «متتالية الترافق» α ـ أي المتتالية التي تشكل حدودها الفردية مثلاً الرمية بالنرد X وحدودها الزوجية الرمية بـ Y ـ ذات طابع عشوائي.

[240]

الملحق الخامس

مناقشة اعتراض فيزيائي(1*)

(الفقرة 76)

تهدف التجربة الذهنية (*a*) [«تجربة الشقين»] إلى دحض دعوانا بتواؤم قياسين متزامنين دقيقين، أيًا كانا (وغير متنبئين) لوضع وعزم جسيم ما مع الميكانيك الكمومي.

(*a*) ليكن لدينا ذرة مشعة *A* وليكن sp_1 وsp_2 شقين يمر عبرهما الضوء ليسقط على حاجز *S*. يمكننا بحسب هايزنبرغ إما قياس وضع *A* وإما قياس عزمها بدقة. ويمكننا إذا ما قسنا الوضع بدقة (وهذا ما «يخربش» العزم) أن نقبل أن الضوء يصدر عن *A* على شكل موجات كروية. أما إذا قسنا العزم بدقة (وهذا ما «يخربش» الوضع) بأن نقيس مثلاً الارتداد الناتج عن إصدار كمات الضوء فيمكننا حساب اتجاه وعزم كمات الضوء الصادرة بدقة؛ ويجب علينا بالتالي أن ننظر إلى الإشعاع على أنه جسيمي (وخزة إبرة). يقابل هذين القياسين نوعان مختلفان من الإشعاع ونحصل بهذا الشكل على نوعين مختلفين من النتائج التجريبية: على ظواهر تداخل على الحاجز *S* في حال قياس الوضع بدقة (يُصدر منبع ضوئي نقطي ـ قياس دقيق للوضع! ـ ضوءاً متسقاً) وتختفي ظواهر التداخل هذه في حال قياس العزم بدقة (ولا يظهر على الخصوص إلا ومضات ضوئية خلف الشقين (وهذا ما يتفق تماماً

(1*) انظر أيضاً الملحق الحادي عشر*، والفصل الخامس*، المقطع 110* في: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

أرى الآن أنه يجب معالجة الشقين على نحو مختلف، إلا أن اقتراح التفسير المعروض في هذا الملحق لا يزال يستحق بعض الاهتمام. فملاحظاتي في (e) تتضمن في رأيي نقداً لا يزال صالحاً لمحاولة تفسير ثنوية الموجة والجسيم بالاستعانة بمفهوم «التتامية» ـ وهي محاولة تخلى عنها كثير من الفيزيائيين حديثاً، وخاصة منهم آلفرد لاندي (Alfred Landé).

مع «تخربش» الوضع ومع عدم صدور ضوء متسق عن منبع ضوئي غير نقطي). إلا أننا إذا قبلنا أنه من الممكن قياس الوضع والعزم بدقة فستشع الذرة موجات كروية متسقة بحسب النظرية الموجية وستتداخل هذه الموجات، هذا من جهة؛ ومن جهة أخرى ستشع الذرة إشعاعاً غير متسق (إشعاع الإبرة) (ولو استطعنا حساب مسار كل واحد من كمات الضوء فلن نحصل على أي تداخل لأن كمات الضوء لا تخرب بعضها بعضا كما أنها لا تتفاعل فيما بينها). وهكذا يقود القبول بقياس دقيق ومتزامن للوضع والعزم إلى التناقض: إلى التنبؤ بصورة تداخل من جهة، وإلى التنبؤ بعدم وقوع أي شكل من أشكال التداخل من جهة أخرى. [241]

(*b*) لنفسر الآن التجربة الذهنية تفسيراً إحصائياً ولنبدأ بحال قياس الوضع بدقة. علينا هنا أن نستبدل الذرة المشعة بمجموعة من الذرات يتصف الضوء النابع منها بكونه متسقاً وعلى شكل موجات كروية في آن واحد. ونحقق ذلك بأن نضع حاجزاً آخر في الموضع الذي كانت فيه الذرة *A* مزوداً بفتحة صغيرة جداً *A*: تصدر مجموعة الذرات قبل هذا الحاجز ضوءاً، وهو ضوء متسق على شكل موجات كروية نظراً لانتقاء الوضع أمام الفتحة *A*. وهكذا نكون قد استبدلنا الذرة ذات الوضع المحدد بدقة «بحالة» إحصائية «نقية للوضع».

(*c*) وعلى نفس النحو سنستبدل «الذرة ذات العزم المقيس بدقة والوضع المخربش» بـ «حالة نقية العزم» أي بإشعاع متواز ووحيد اللون، صادر عن منبع ما للضوء (غير نقطي).

وسنحصل في كلتا الحالتين على النتائج التجريبية الصحيحة (أشكال تداخل أو انعدام أشكال التداخل).

(*d*) كيف سنعيد تفسير الحالة الثالثة الآن، وهي الحالة التي من المفروض أن تؤدي بنا إلى التناقض؟ لنتصور أننا رصدنا بدقة مسار الذرة *A* ونعني وضعها وعزمها وأننا أثبتنا بعد ذلك أن الذرة تصدر كمات منفردة (فوتونات) وأنها ترتد نتيجة كل إصدار، وهو ارتداد يزيحها عن وضعها ويغير على الدوام اتجاهها. ولنترك الذرة تشع لفترة من الزمن [سنتغاضى عما إذا كانت الذرة في هذه الفترة ستمتص الضوء أم لا] بحيث تحتل أوضاعاً عديدة خلال فترة الإشعاع تقع في منطقة تزداد اتساعاً. ولهذا فلن نستطيع تصور استبدالها بمجموعة نقطية الشكل من الذرات وإنما بمجموعة من الذرات متبعثرة في منطقة واسعة؛ ولما كانت الذرة تشع في مختلف الاتجاهات وجب استبدالها بمجموعة من الذرات المشعة في

مختلف الاتجاهات: وهكذا فلن يكون لدينا أي حالة نقية وبالتالي فالإشعاع غير متسق، ولا أشكال تداخل.

ويمكن وفق هذا المخطط إعادة تفسير كل الاعتراضات المماثلة إحصائياً.

(*e*) نود أن نلاحظ في ختام مناقشة التجربة الذهنية هذه أن محاجة (*a*) غير قادرة في أي حال من الأحوال (وخلافاً لما يبدو للوهلة الأولى) على توضيح مشكل التتامية، أي ثنوية الموجة والكم ـ فهي تبيّن أنه لا يمكن للذرة إلا أن تكون إما «كمات» أو «موجات» وأنه لا يوجد بين الموجة والكم أي تعارض لأن التجربتين المذكورتين تقصَيان الواحد منهما عن الآخر. لكن التجربة لا تقصي [242] الواحد عن الآخر ما دمنا نستطيع إرفاق قياسات «متوسطة الدقة» للوضع بقياس «متوسط الدقة» للعزم، ويطرح عندئذٍ السؤال عما تفعله الذرة الآن: «تتموج» أو «تتكمم»؟ لا يهدد هذا السؤال تأملاتنا الإحصائية بطبيعة الحال؛ ولكننا لا ندعي أن هذه التأملات قادرة على حل هذه المسألة. قد لا يكون لهذه المسألة حل مرض في نطاق الميكانيك الكمومي الإحصائي [نظرية الجسيمات الموضوعة من قبل هايزنبرغ وشرودينغر، والمفسرة إحصائياً من قبل بورن 1925/ 1926] وإنما في نطاق الميكانيك الكمومي لحقول الأمواج [«التكميم الثاني»] نظرية ديراك في الإصدار والامتصاص، نظرية حقول الأمواج للمادة التي وضعها كل من ديراك، جوردان، باولي، كلاين (Klein)، مي (Mie)، فيكنر (Wigner)، 1927/ 1928)[1]. ستجد الثنوية بين الموجة والكم حلاً نهائياً لها على هذا المستوى وحده.

---

(1) انظر الهامش رقم (3) لمدخل الفصل التاسع قبل الفقرة 73 من هذا الكتاب.



الملحق السادس

حول عملية قياس غير متنبّئة[(1*)]

(الفقرة 77)

لنقم بانتقاء العزم في حزمة من الجسيمات متوازية الاتجاه إلا أنها ليست وحيدة اللون تسير في الاتجاه x وذلك بواسطة مرشح (أو بواسطة التحليل الطيفي

(1*) يعرض هايزنبرغ المسألة ـ متحدثاً عن قياس أو رصد وليس عن انتقاء ـ بتجربة ذهنية على النحو التالي: يجب علينا عندما نريد رصد وضع الإلكترون استعمال ضوء ذي تواتر عال يتفاعل بشدة مع الإلكترون ويشوش عزمه. كما يجب علينا عندما نريد رصد العزم استعمال تواتر منخفض يبقي عزم الإلكترون على حاله من دون تغيير عملياً لكنه لا يفيدنا شيئاً في معرفة وضع الإلكترون. إن الأمر المهم في مناقشتنا هو أن عدم تحديد العزم نجم عن التشويش في حين لا نستطيع إرجاع عدم تحديد الوضع إلى تشويش من هذا القبيل. إنه على العكس من ذلك ناجم عن تجنبنا تشويش النظمة بشدة. انظر الملحق الحادي عشر* من هذا الكتاب، النقطة (9).

تقوم محاجتي الأصلية (بناءً على هذا الواقع) على ما يلي: بما أن تحديد العزم لا يؤدي إلى تغييره نظراً للتفاعل الضعيف بين الضوء والنظمة فمن الواجب كذلك ألا يغير وضع النظمة رغم أنه لا يعلمنا شيئاً عنه. إلا أنه يمكن في وقت لاحق معرفة الوضع غير المعروف بفضل قياس ثان. ولما كان القياس الأول لم يبدل (عملياً) حالة الإلكترون فإن في مقدورنا حساب ماضي الإلكترون ليس خلال الفترة بين القياسين وحسب وإنما قبل القياس الأول أيضاً.

ولا أفهم كيف يمكن لهايزنبرغ تجنب هذا الاستنتاج من دون أن يعدل جذرياً محاجته. (أو بعبارة أخرى أعتقد أنه يمكن استناداً إلى محاجتي وتجربتي الذهنية في الفقرة 77 من هذا الكتاب البرهان على وجود تناقض في مناقشة هايزنبرغ لرصد الإلكترون). إلا أنني أعتقد اليوم أني كنت مخطئاً، ذلك أنني افترضت أن ما يصح على «أرصاد» أو «قياسات» هايزنبرغ الذهنية يصح على «الانتقاءات التي قمت بها» أيضاً. ولكن هذا غير صحيح كما يبين آنشتاين (الملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب) فهو لا يصح على مرشح يؤثر على فوتون كما لا يصح على حقل كهربائي عمودي على حزمة الإلكترونات وهما الحقل والمرشح اللذان أشير إليهما في أول مقطع من هذا الملحق. ذلك أننا إذا أردنا للإلكترونات أن تتحرك في منحى x فمن الضروري أن يكون عرض الحزمة معتبراً والحاصل أننا لا نستطيع حساب وضعها قبل دخولها الحقل اعتماداً على انعطافها بعد الحقل. وهكذا فقد دحضت محاجتي في هذا الملحق كما في الفقرة 77 من هذا الكتاب: ويجب سحبها.

باستخدام حقل كهربائي عمودي على اتجاه الإشعاع في حال الإشعاع الإلكتروني. لن تغير هذه السيرورة [بحسب هايزنبرغ] عزوم الجسيمات المنتقاة (أو مركبات [244] هذه العزوم في اتجاه x) ولن تغير بالتالي سرعها (أو مركباتها ـ x).

لنضع خلف المرشح عداداً للصدمات (أو شريطاً مصوراً متحركاً أو ما شابه) بحيث نستطيع قياس لحظة وصول الجسيمات المنتقاة وبالتالي مركبات الوضع في اتجاه x لهذه الجسيمات حتى لحظة وصولها ـ ما دامت سرعتها معروفة. فإذا ما قبلنا أن مركبات الوضع في اتجاه x لا تضطرب نتيجة قياسنا للعزم فإن القياس الدقيق للوضع والعزم سيمتد إلى الزمن الذي سبق الانتقاء. أما إذا قبلنا على العكس أن انتقاء العزم سيشوش المركبات x للوضع فإن باستطاعتنا حساب المسار بدقة أثناء الزمن الفاصل بين القياسين لا غير.

إن قبولنا باضطراب حالة الجسيم بصورة لا يمكن حسابها في اتجاه السير نتيجة انتقاء العزم، أي بتغير غير قابل للحساب لمركبة وضع الجسيم في هذا الاتجاه نتيجة انتقاء العزم ـ بينما لا تتغير السرعة ـ يكافئ تماماً قبولنا بقفز الجسيم ـ بشكل غير متصل إلى نقطة أخرى من مساره نتيجة انتقاء العزم (وبسرعة أكبر من سرعة الضوء).

إلا أن هذا الفرض يتعارض مع الميكانيك الكمومي (كما نفهمه الآن). فهو لا يسمح بقفزات غير متصلة للجسيمات إلا للجسيمات المرتبطة داخل الذرة (مجال غير مستمر للقيم الخاصة). ولا يسمح بذلك للجسيمات الحرة (التي تنتمي إلى مجال القيم الخاصة المستمر).

قد يكون من الممكن إقامة نظرية غير متناقضة (تتجنب الاستتباعات التي وردت في النص وتنقذ في الوقت نفسه علاقات عدم الدقة) تعدل الميكانيك الكمومي بحيث يسمح بقبول اضطراب الوضع نتيجة انتقاء العزم. قد لا تستطيع هذه النظرية ـ التي سنسميها «نظرية عدم الدقة» ـ أن تشتق من علاقات عدم الدقة سوى استنتاجات إحصائية. وقد لا يمكن تعزيزها إلا إحصائياً: ستكون علاقات عدم الدقة في هذه النظرية، إن وجدت، منطوقات احتمال (فردي صورياً) سيتجاوز مضمونها من دون شك علاقات التبعثر الإحصائية التي صغناها. ذلك أن هذه العلاقات تتلاءم، كما سنبين بمثل نعطيه أسفله، مع قبول عدم اضطراب الوضع نتيجة انتقاء العزم: لا يمكن لنا أن نستنبط من هذا القبول وجود حالة «فائقة النقاوة» تمنعها علاقات التبعثر. تبيّن هذه القضية أن طريقة القياس التي تحدثنا عنها لا تغير شيئاً في صيغ هايزنبرغ المفسرة إحصائياً، وأنها تحتل، إذا صح التعبير، نفس الموقع المنطقي (في نظريتنا الإحصائية) الذي تحتله ملاحظة هايزنبرغ (في

نظرية هايزنبرغ) ضد «حقيقة الواقع الفيزيائي» للقياسات الدقيقة؛ ومن الممكن النظر إلى القضية التي أعلناها كترجمة لملاحظة هايزنبرغ بلغة «إحصائية».

[245] أما القول إن قضيتنا صحيحة فيمكن تفهمه عندما نحاول مثلاً إنتاج حالة فائقة «النقاوة» وذلك بعكس ترتيب التجربة السابقة ـ انتقاء الوضع في الحركة في اتجاه x أولاً (بالاستعانة بسطام للعزم مثلاً) ثم انتقاء العزم بواسطة مرشح. يمكن الاعتقاد أن هذا ممكن لأننا إذا ما بدأنا بقياس الوضع فستبدو أمامنا كل طويلات العزوم الممكنة وسنختار منها بواسطة المرشح ـ وبدون تشويش الوضع ـ تلك التي تقع في مجال محدد. هذا التفكير خاطئ. لأننا عندما نختار بهذه الطريقة زمرة جسيمات بالاستعانة بسطام العزم فإن أمواج شرودينغر (المؤلفة من توضيع أمواج ذات تواترات مختلفة) لن تعطينا سوى احتمالات، نفسرها إحصائياً، لوجود جسيمات لها قيمة العزم هذه أو تلك في زمرة الجسيمات آنفة الذكر. يتناهى الاحتمال إلى الصفر، من أجل كل مجال عزم منته Δp_x ننظر إليه، عندما نجعل قطار الأمواج قصيراً إلى ما لا نهاية (بأن نفتح سطام العزم لفترة وجيزة قدر ما نريد)، أي عندما نقيس الوضع بالدقة التي نريد. وعلى نفس النحو يتناهى هذا الاحتمال إلى الصفر، من أجل كل زمن فتح منته لسطام العزم. أي من أجل كل قيمة Δx لعدم دقة الوضع عندما يتناهى Δp_x إلى الصفر. وكلما كان انتقاؤنا للوضع أو للعزم أكثر دقة كلما ضعف احتمال حصولنا على جسيمات خلف المرشح. وهذا يعني أنه لا بد من القيام بعدد كبير جداً من التجارب من هذا القبيل كي نحصل في بعضها على جسيمات خلف المرشح ـ من دون أن نستطيع القول سلفاً في أي منها. وليس لدينا بالتالي أي وسيلة بين أيدينا لمنع ظهور هذه الجسيمات في مجالات عشوائية متبعثرة كما أننا لا نستطيع بهذه الطريقة إنتاج أي مجموعة من الجسيمات أكثر تجانساً من الحالة النقية.

توجد تجربة حاسمة وبسيطة نسبياً للفصل بين «نظرية عدم الدقة» التي شرحناها والميكانيك الكمومي. يجب أن تصل بحسب النظرية الأولى كمات من الضوء إلى حاجز موضوع خلف مرشح قوي (أو مرسمة الطيف) وتبقى فيه لبعض الوقت بعد انطفاء المنبع الضوئي؛ ويجب أن تدوم «ما بعد الصورة» التي يعطيها الحاجز لمدة يزداد طولها بازدياد قوة المرشح[*2].

(*2) هذا ما سيقع وفق آينشتاين وهو على حق بينما لم يحالفني الصواب. انظر الملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب. انظر أيضاً الاعتراضات المنتقدة لـ س. ف. فايزسيكر على تجربتي الذهنية في: Carl Friedrich Weizsäcker, *Die Naturwissenschaften*, 22 (1934), p. 807.

الملحق السابع

ملاحظات متممة حول تجربة ذهنية(1*)

(الفقرة 77)

لننطلق من الفرض أن a_1 و$|b_1|$ مقيسان بالدقة المطلوبة أو أنهما انتُقيا؛ وبما أننا نستطيع إضافة إلى ذلك أن نفرض إمكانية قياس طويلة العزم $|a_2|$ للجسيم الآتي من الاتجاه SX بالدقة التي نريد (بحسب الملحق السادس) فإن $|b_2|$ قابل للتحديد بالدقة التي نريد بحسب مبدأ انخفاظ الطاقة. وبما أننا نستطيع إضافة إلى هذا قياس وضع BI وX وأوقات وصول جسيمات A إلى X بالدقة التي نريد فلن نحتاج إلا لمعرفة عدم دقة العزم Δa_2 وΔb_2 الناتجتين عن عدم دقة الاتجاهين وكذا عدم دقة المتجهة $\Delta \mathbf{S}$ لعدم دقة الوضع S الناتج عن عدم التحديد الدقيق للاتجاه SX.

لنضيق الفتحة التي تمر منها الحزمة SX بشدة [في X]؛ سينتج بسبب الانعراج الحاصل عند الفتحة عدم دقة في الاتجاه φ؛ وهي زاوية يمكن جعلها صغيرة قدر ما نريد إذا ما اخترنا $|a_2|$ على قدر كاف من الكبر، لأن

$$\varphi \sim \frac{h}{r.|a_2|} \qquad (1)$$

(حيث أشرنا بـ r إلى عرض الفتحة)؛ إلا أنه لا يمكن بهذه الطريقة تنقيص $|\Delta a_2|$. (ولا يمكننا فعل ذلك إلا بتكبير r، الذي سيرفع من قيمة عدم دقة الوضع $|\Delta \mathbf{S}|$) لأن

$$|\Delta a_2| \sim \varphi \,.\, |a_2| \qquad (2)$$

(1*) لنقد بعض الفروض التي قامت عليها الفقرة 77 وهذا الملحق، انظر الهامش رقم (1*) للملحق السادس من هذا الكتاب.

وباستعمال (1):

$$|\Delta a_2| \sim \frac{h}{r} \qquad (3)$$

حيث نرى أن $|\Delta a_2|$ مستقلة عن $|a_2|$.

ولما كنا نستطيع تصغير قيمة φ (بعد اختيارنا قيمة لـ r) بتكبير $|a_2|$ فبإمكاننا تصغير مركبة Δa_2 في اتجاه SX قدر ما نريد؛ نرمز لهذه المركبة بـ $(\Delta a_2)_x$ ـ دون أن يتأثر بذلك القياس الدقيق قدر ما نريد للوضع S الذي تزداد دقته بازدياد قيمة $|a_2|$ (وبنقصان قيمة r). ونريد البرهان الآن أن هذا يسري أيضاً على مركبة Δb_2 في اتجاه SY والتي نرمز لها بـ $(\Delta b_2)_y$.

[247] يمكننا أن نكتب انطلاقاً من فرضنا أن $\Delta a_1 = 0$؛ ونحصل بحسب علاقة العزوم على

$$\Delta b_2 = \Delta b_1 - \Delta a_2 \qquad (4)$$

تتوقف قيمة Δb_1 على φ عندما نعطي قيما محددة لـ a_1، $|b_1|$ و$|a_2|$، هذا يعني أنه من الممكن لنا أن نكتب

$$|\Delta b_1| \sim |\Delta a_2| \sim \frac{h}{r} \qquad (5)$$

وبالتالي

$$|\Delta b_1 - \Delta a_2| \sim \frac{h}{r} \qquad (6)$$

هذا من جهة. ولدينا من جهة أخرى مقابل (2):

$$|\Delta b_2| \sim \psi.|b_2| \qquad (7)$$

حيث تشير ψ إلى عدم الدقة في اتجاه b_2، لدينا نظراً لـ (4) و(6):

$$\psi \sim \frac{|\Delta\vec{b}_1 - \Delta\vec{a}_2|}{|\vec{b}_2|} \sim \frac{h}{r.|\vec{b}_2|} \qquad (8)$$

هذا يعني أنه يمكننا (بعد اختيارنا قيمة لـ r) تصغير قيمة ψ قدر ما نريد بإعطاء قيمة كبيرة كافية لطويلة الغـزم $|b_2|$ ـ وهنا أيضاً من دون أن يتأثر بذلك القياس الدقيق قدر ما نريد للوضع S.

ومن الممكن كذلك جعل كل حد من حدي الجداء $(\Delta b_2)_y$. $(\Delta S)_y$ صغيراً قدر ما نريد وبشكل مستقل عن الحد الآخر؛ وسيكون كافياً لدحض

تقييد الدقة عند هايزنبرغ أن نجعل أحد الحدين صغيراً قدر ما نريد شريطة ألا يزداد الحد الآخر إلى ما لا نهاية.

لنلاحظ إضافة إلى ذلك أنه من الممكن (باختيار مناسب للاتجاه SX) تحديد المسافة SX بحيث يصبح ΔS وΔb_2 متوازيين وبالتالي عموديين على SY[1] بشرط أن تكون φ صغيرة إلى حد كاف. وبهذا تصبح دقة قياس العزم، ومعها أيضاً دقة قياس الوضع في هذا الاتجاه، مستقلة عن دقة قياس الوضع S، (تتوقف هذه الدقة الأخيرة، عندما نعطي لـ $|a_2|$ قيمة كبيرة جداً، في الأساس، على صغر r). ولا تتوقفان إلا على دقة قياس مركبات الوضع والعزم في اتجاه SX للجسيم الآتي إلى X من هذا الاتجاه. وهذا يماثل تقابل صغر ψ مع حالة توقف دقة القياس $(\Delta a_2)_x$ للجسيم الآتي إلى X على صغر φ.

ومن هنا يتضح لنا أن علاقات الدقة في قياس الجسيم [A] (غير المتنبئ ظاهرياً) الآتي إلى X وفي التنبؤ بمسار الجسيم [B] بعد S علاقات متناظرة تماماً.

(1) نبهني شيف (Schiff) أثناء مناقشة لتجربتي الذهنية أنه من الممكن أن يكتسي تفحص علاقات الدقة في الاتجاه العمودي على ΔS أهمية خاصة.

أود هنا تقديم خالص الشكر للدكتور شيف على تعاونه المثمر معي والذي استمر سنة تقريباً.

ملحقـــات جويـــة



[251]

عـــــود وتقديـــــم

على الرغم من أني أجد بالغ الدهشة بعد مرور ثلاثين عاماً أني ما أزال متفقاً مع معظم ما جاء في كتابي من وجهات نظر فلسفية وكذلك مع أغلب تأملاتي حول الاحتمال ـ وهو موضوع تغير فيه إدراكي للأمور أكثر بكثير من غيره من المجالات ـ، فإني أراني ملزماً بطرح ما تجمع لدي من مواد على مدى هذه السنين على شكل ملحقات. وهي مواد كثيرة لأني لم أكف يوماً عن الانشغال في المشاكل التي تعرض لها كتابي. ولقد أصبح من المستحيل بالتالي ضم كل النتائج وثيقة الصلة بها إلى هذه الملحقات؛ وتجدر الإشارة على وجه الخصوص إلى نتيجة لن نناقشها هنا وهي نظرية سميتها التفسير النزوعي للاحتمال[1] (أو التفسير الميولي) تشرح ما يدعونا إلى تفسير الاحتمال كقياس للاتجاه نحو التحقق. عالجت هذا التفسير بالتفصيل في كتاب لم ينشر بعد بعنوان (**متممات: بعد عشرين عاماً**)؛ ويوجد عرض مختصر لهذا الموضوع في عملي: «Quantum Mechanics without 'the Observer',» in: Mario Benge, ed., *Quantum Theory and Reality: Papers*, Studies in the Foundations, Methodology and Philosophy of Science; 2 (Berlin; New York: Springer - Verlag, 1967).

كما أنني طورت بعض أفكار كتابي **منطق البحث** تحديداً في: *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, 3rd rev. ed. (London: Routledge & K. Paul, 1969);

---

(1) انظر: Karl Popper, «The Propensity Interpretation of Probability and the Quantum Theory,» in: Stephan Korner and M. H. L. Pryce, eds., *Observation and Interpretation: A Symposium of Philosophers and Physicists*, Colston Popers; 9 (London: Butterworth, 1975), pp. 65-70 and 88 f.

انظر أيضاً عملي الأكثر تفصيلاً: Karl Popper, «The Propensity Interpretation of Probability,» *British Journal for the Philosophy of Science*, 10 (1959), pp. 25-42.

وفي أعمال أخرى جمعت في كتاب *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach* (Oxford: Clarendon Press, 1972); and 5th rev. ed., 1979,

المترجم إلى الألمانية تحت عنوان: *Objektive Erkenntnis: Ein Evolutionärer Entwurf*, Kritische Wissenschaft (Hamburg: Hoffman und Campe, 1973), and 3rd rev. ed., 1981.

يحتوي الملحقان الأولان على ثلاثة أعمال قصيرة نشرت في الفترة الواقعة [252] بين 1933 و1938 وهي مرتبطة ارتباطاً قوياً بالكتاب. كنت أخشى أنها ليست سهلة القراءة: فهي مكثفة بشدة ولم يكن بمقدوري تحسينها من دون الإنقاص من قيمتها الوثائقية.

للملحقات الثاني* ـ الخامس* طابع تقني ـ أكثر من اللازم بحسب مزاجي. إلا أنني أرى أنه من المستحيل بدون هذه التقنية الرياضية-المنطقية حل المشكل الفلسفي الآتي:

هل درجة تعزيز نظرية ما أو درجة قبوليتها احتمال كما يرى كثير من الفلاسفة؟ أو بعبارة أخرى هل تخضع لقواعد حساب الاحتمالات؟

أجبت عن هذا السؤال في كتابي وكان جوابي «كلا». وقد اعترض بعض الفلاسفة على ذلك قائلين «إن ما أفهمه بكلمة احتمال (أو تعزيز أو تأكيد) يختلف عن فهمك لها». لقد كان لزاماً علي، لتبرير رفضي لهذا الجواب الغامض (الذي يهدد بقصر نظرية المعرفة على نزاع حول المصطلحات)، تحليل المشكلة من كل جوانبها وبعمق مستعيناً بالهيكلة: كان من الضروري صياغة قواعد («موضوعات») حساب الاحتمال وتثبيت وظيفة كل واحدة منها. لقد كان من الضروري عدم الحكم مسبقاً في السؤال عما إذا كانت درجة التعزيز أحد التفسيرات الممكنة لحساب الاحتمالات أم لا؛ ولذا فقد وجب علينا أخذ هذا الحساب في أوسع معانيه والتخلي عن كل القواعد التي لم تكن أساسية فيه. بدأت أبحاثي عام 1935؛ وفي الملحق الثاني* تقرير قصير عن بعضها. أما الملحقان الرابع* والخامس* فيعطيان نظرة عامة عن نتائج تحرياتي في السنين الأخيرة. تقوم دعوانا في كل هذه الملحقات على القول إنه بالإضافة إلى التفسيرات التقليدية والمنطقية والتواترية للاحتمال، وهي تفسيرات عالجها كتابي، هناك تفسيرات عديدة مختلفة أخرى لمفهوم الاحتمال ولحساب الاحتمالات الرياضي. وهكذا تفتح هذه الملحقات الطريق أمام ما سميته «تفسير النزوع» (تفسير الاحتمال كقياس للتحقق ـ أو للاتجاه نحو الحصول).

لم يكن للأبحاث أن تقتصر على قواعد حساب الاحتمالات وحده. فقد كان علي أيضاً أن أصوغ قواعد تقويم فحص النظريات. وأعني بها درجة التعزيز. وقد قمت بذلك في ثلاث نشرات يجمعها الملحق التاسع* يشكل الملحقان السابع* والثامن* صلة الوصل إلى حد ما بين حسابي للاحتمالات ونظريتي في التعزيز.

آمل أن تكون الملحقات الباقية محط اهتمام الفلاسفة والعلميين على حد سواء، وخاصة منها الملحق عن عدم الانتظام الموضوعي والملحق عن التجارب الذهنية في الفيزياء. إن الملحق الثاني عشر* هو رسالة من ألبرت آنشتاين.

[253]

الملحق الأول*

مذكرتان حول الاستقراء والحد الفاصل 1933-1934

إن أولى هاتين المذكرتين المعاد نشرهما هنا هي رسالة إلى ناشر **المعرفة** والثانية إسهام في مناقشة أثناء مؤتمر فلسفي عقد في براغ 1934 ونشرته **المعرفة** عام 1935 كجزء من تقريرها عن المؤتمر.

ـ 1 ـ

نشرت الرسالة إلى الناشر للمرة الأولى عام 1933 في **المعرفة**، 3 (وفي نفس الوقت في **حوليات الفلسفة** 11) العدد 4-6، ص 426 وبعدها.

كان ما دعاني إلى كتابة هذه الرسالة أن وجهات نظري في تلك الأيام كانت تناقش بحدة من قبل أعضاء في حلقة فينا، وبأعمال مطبوعة أحياناً[1]، على الرغم أن أيّاً من مخطوطاتي (التي قرأها بعض أعضاء الحلقة) لم يكن قد نشر بعد. أحد أسباب ذلك طولها: طُلب مني اقتطاع جزء من كتابي **منطق البحث العلمي** حتى يصبح قابلاً للنشر. لقد طرحت في رسالتي قضية الفرق بين مشكلة معيار الحد الفاصل والمشكل الظاهر لمعيار المدلول (والتعارض بين وجهة نظري من جهة ووجهتي نظر شليك وفيتكنشتاين) بإلحاح لأن أفكاري كانت تناقش في حلقة فينا منذ ذلك الحين انطلاقاً من فرض خاطئ فحواه أني من مؤيدي استبدال معيار قابلية التحقق من مدلول القضايا بمعيار قابلية تفنيد القضايا، بينما كنت مهتماً في واقع الأمر بمشكلة الحد الفاصل وليس بمشكلة المدلول. كنت قد حاولت، كما

(1) انظر الهامش رقم (5) لهذا الملحق.

جاء في رسالتي، منذ عام 1933 إزالة سوء الفهم هذا. وحاولت فعل الشيء نفسه في كتابي **منطق البحث** ولم تتوقف جهودي في هذا الاتجاه إلى يومنا هذا. ومع ذلك يبدو أن أصدقائي الوضعيين لا يرون الفرق تماماً. دفعني سوء الفهم هذا في رسالتي إلى تبيان التضاد بين موقفي وموقف حلقة فينا وعلى نحو قاطع؛ وهو الذي أدى بالبعض إلى رأي خاطئ مفاده أني بنيت أفكاري في الأصل كانتقاد لفيتكنشتاين. لكنني كنت قد صغت، في حقيقة الأمر، مشكل الحد الفاصل ومعيار [254] قابلية التفنيد أو قابلية الفحص في خريف عام 1919، سنوات قبل أن تصبح فلسفة فيتكنشتاين موضوع مناقشات فينا[2]، هذا ما يفسر رد فعلي عندما علمت بمعيار قابلية التحقق من المدلول الجديد الذي طرحته حلقة فينا: قابلت هذا المعيار بمعيار قابلية التفنيد، وهو الحد الفاصل بين منطوقات النظم العلمية والمنطوقات الميتافيزيائية ذات المدلول تماماً. (ولم أدع إطلاقاً أن هذا المعيار يطبق على غير ذي المدلول كلياً). ثم وسعت بعد ذلك معياري في الحد الفاصل إلى معيار لقابلية النقد: إن القضايا أو نظمة القضايا التجربية هي تلك التي تقبل النقد بواسطة تقارير عن الوقائع والتي يمكن دحضها تجريبياً. فعلت هذا في الفصل 24 (أي في الفصل 14 من المجلد الثاني للطبعة الألمانية) من كتابي **المجتمع المنفتح** وفي الفصل الثامن من كتابي *Conjectures and Refutations*.

وهذا نص رسالتي 1933:

معيار للطابع التجربي لنظمة نظرية

(مذكرة تمهيدية)

1. (السؤال التمهيدي). نشأ «مشكل الاستقراء» عند هيوم، أي السؤال عن صحة قوانين الطبيعة، من التناقض (الظاهري) بين «طرح التجربة الأساسي» (إن الخبرة وحدها هي التي تستطيع البت في صحة أو بطلان منطوقات الواقع) ووعي هيوم بعدم صحة البراهين الاستقرائية (المعممة). يعتقد شليك[3] بتأثير من

(2) انظر: Karl Popper, «Philosophy of Science: A Personal Report,» in: *Conjectures and Refutations.*

(3) Moritz Schlick, «Kausalität in der gegenwärtigen Physik,» *Die Naturwissenschaften*, 19 (1931, Heft 7), p. 156.

فيتكنشتاين أنه يمكن حل هذا التناقض بأن نقبل بأن «قوانين الطبيعة ليست قضايا أصيلة» وإنما هي قواعد لبناء المنطوقات «وهي بالتالي شكل من أشكال القضايا الظاهرية». تنطلق محاولة الحل هذه (وهي في نظري اصطلاحية) مثلها مثل كل المحاولات السابقة (كالقبلية والمواضعاتية وغيرهما) من فرضية لا تستند إلى أساس: يجب أن تكون كل القضايا الأصيلة «قابلة للبت القطعي» (قابلة للتحقق وللتفنيد) أي أنه يجب أن يكون من المستطاع منطقياً التحقق التجربي (النهائي)، مثله مثل التفنيد التجربي، في كل القضايا الأصيلة. يمكننا إذا ما تخلينا عن هذه الفرضية حل تناقض مشكل الاستقراء ببساطة: يمكن النظر إلى قوانين الطبيعة («النظريات») على نحو خال من التناقض كمنطوقات واقعية أصيلة قابلة للبت جزئياً (أي أنها، وإن كانت غير قابلة للتحقق منها منطقياً، قابلة للتفنيد فقط)، [255] ويمكن مراقبتها بشكل منهجي بمحاولات تفنيد.

ميزة محاولة الحل هذه أنها تمهد الطريق لحل المشكلة الأساسية (بكل معنى الكلمة) الثانية في «نظرية المعرفة» (نظرية «المنهج التجربي»).

2. (السؤال الرئيسي). يمكن تعريف هذا المشكل، مشكل الحد الفاصل (سؤال كانط عن «حدود المعرفة العلمية») على أنه السؤال عن معيار للفصل بين الدعاوى (القضايا أو نظمة القضايا) «العلمية-التجربية» والدعاوى الميتافيزيائية. إن «مفهوم المدلول» هو الذي يزودنا بالحل بحسب المحاولة التي تقدم بها فيتكنشتاين[4]: يجب أن تكون «كل قضية ذات مدلول» («كدالة حقيقة لقضايا أولية») قابلة لإرجاعها منطقياً وكليّاً إلى قضايا رصد منفردة أو لاشتقاقها من هذه القضايا. وإذا ما تبين أن قضية مزعومة لا تشتق فهي «غير ذات مدلول»، «ميتافيزيائية» و«قضية ظاهرية»: ليس للميتافيزياء معنى. لقد بدا للوضعيين أنهم قد حققوا بمعيار الحد الفاصل هذا نصراً كاسحاً على الميتافيزياء أكبر ـ مما حققه أعداء الميتافيزياء السابقون. ولكنهم في هذا النصر لم يقضوا على الميتافيزياء وحدها وإنما على العلوم الطبيعية: لا يمكن كذلك اشتقاق قوانين الطبيعة منطقياً من قضايا الرصد (مشكلة الاستقراء!) فلن تكون هي أيضاً سوى «قضايا ظاهرية غير ذات مدلول» وميتافيزيائية لو طبقنا معيار فيتكنشتاين للمدلول بحذافيره. وبهذا تنهار محاولة الحد الفاصل هذه. يمكننا وضع معيار الحد الفاصل، «معيار قابلية

---

(4) Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus* = *Logische-Philosophische Abhandlung*.

التفنيد» محل دوغما المدلول ومشكلته الظاهرية، ونعني بقابلية التفنيد (قابلية البت وحيد الجانب على الأقل): إن القضايا (أو نظمة القضايا) من هذا القبيل هي وحدها القادرة على إعلامنا عن «الواقع الاختباري» وعن الاصطدام به؛ وعلى نحو أكثر دقة إنها القضايا التي يمكن إخضاعها للتفحص منهجياً (وفق قرارات منهجية) والتي يمكن دحضها نتيجة لذلك[5].

لا يسوّي قبول القضايا القابلة للبت جزئياً «مشكلة الاستقراء» وحدها (يوجد نوع واحد من الاستبعاعات تتقدم في اتجاه استقرائي هو الـ **Modus Tollens** الاستنتاجي) وإنما «مشكلة الحد الفاصل» أيضاً (وهي المشكلة التي نشأت عنها كل مسائل نظرية المعرفة تقريباً)؛ يتيح «معيار الحد الفاصل» التمييز بدقة كافية بين «العلوم الواقعية»، أي نظم «العلوم التجريبية» وبين النظم الميتافيزيائية (وكذلك بين تحصيلات الحاصل المواضعاتية) من دون أن يصف الميتافيزياء باللامدلولية. لقد ظهرت العلوم الاختبارية تاريخياً كترسبات للميتافيزياء. وهكذا يمكن تعديل صيغة آنشتاين[6] المعروفة وتعميمها وتعريف العلوم الواقعية بقولنا: بقدر ما ترتبط قضايا علم ما بالواقع فهي قابلة للتفنيد؛ وبقدر ما هي غير قابلة للتفنيد فهي لا ترتبط بالواقع. [256]

يبيّن التحليل المنطقي أن «قابلية التفنيد» وحيد الجانب كمعيار في نظم العلوم التجريبية تلعب دوراً مماثلاً صورياً للدور الذي يلعبه «الخلو من التناقض» في النظم العلمية عامة: فالنظمة من القضايا الأساسية غير الخالية من التناقض لا تميز أي مجموعة جزئية من مجموعة كل القضايا الممكنة والنظمة غير القابلة للتفنيد لا تميز أي مجموعة جزئية من مجموعة كل القضايا التجريبية (كل القضايا المنفردة- المركبة).

---

(5) عرض كارناب طريقة للتفحص من هذا القبيل، «الطريقة B» في: Rudolf Carnap, «Über Protokollsatze,» *Erkenntnis*, 3 (1932-1933), pp. 223 ff.

انظر أيضاً: Walter Dubislav, *Die Definition*, *Erkenntnis*; 1, 3rd ed. (Leipzig: Meiner, 1931), pp. 100 f.

* إضافة عام 1957: لا تتعلق إشارتي بعمل كارناب وإنما ببعض نتائجي الخاصة التي أشار إليها كارناب وقبلها في مقاله المذكور. قال كارناب بوضوح إن «الطريقة B» التي وضعها تعود إلي.

(6) Albert Einstein, *Geometrie und Erfahrung* (Berlin: J. Springer, 1921), pp. 3 f.

* إضافة عام 1957: كتب آنشتاين: «بقدر ما تتعلق القضايا الرياضية بالواقع فهي ليست يقيناً وبقدر ما هي متيقنة فهي لا تتعلق بالواقع».

- 2 -

تتكون مذكرتي الثانية من بعض الملاحظات التي طرحتها في نقاش لعرض قدمه رايشنباخ في مؤتمر فلسفي عقد في براغ في صيف عام 1934 ـ كان كتابي قيد مراجعة الطبع). نشر تقرير عن المؤتمر في **المعرفة** احتوى تدخلي[7]. إليكم هذه الملاحظات :

«منطق الاستقراء» و«احتمال الفرضية»

لا أرى أنه من الممكن وضع نظرية مرضية لما جرت العادة على تسميته، كما يفعل رايشنباخ، «الاستقراء». لأني أعتقد أن نظرية من هذا القبيل، وسواء استعملت المنطق التقليدي أو منطق الاحتمال، ستتضمن لا محالة، لأسباب منطقية محضة، تقهقراً لامنتهياً أو ستستعمل مبدأ قبلياً للاستقراء، مبدأ تركيبياً غير قابل للاختبار.

[257] إننا إذا اتبعنا رايشنباخ وفرقنا بين إجراءات الكشف عن فرضية وإجراءات تبريرها فلا بد من القول أن الإجراءات الأولى غير قابلة للعقلنة ـ يستحيل إعادة بنائها. أما تحليل ما يسمى بإجراءات التبرير فلا يقود في نظري إلى أي عنصر من عناصر المنطق الاستقرائي. ولهذا السبب فإن نظرية الاستقراء (مبدأ الاستقراء) غير مجدية ولا وظيفة لها في منطق العلم.

فالفرضيات العلمية لا «تبرر» إطلاقاً ولا يمكن «التحقق منها». ومع ذلك فيمكن لفرضية *A* في حالات معينة أن تسهم أكثر من فرضية *B* لأن *B* تتعارض مع بعض نتائج الرصد، ونعني أن هذه النتائج تفندها بينما لا تفند *A* أو لأن عدداً من التنبؤات يُشتق بالاستعانة بـ *A* أكبر من العدد المشتق بالاستعانة بـ *B*. وكل ما يمكننا أن نقوله عن فرضية ما في أحسن الأحوال إنها معززة بشكل جيد حتى الآن وإنها تسهم بقدر أكبر من الفرضيات الأخرى؛ لا يمكن تبرير الفرضية أو التأكد من صحتها أو حتى النظر إليها كمحتملة. ويستند تثميننا للفرضية هذا إلى الاستتباعات الاستنتاجية (التنبؤات) التي يمكن اشتقاقها من الفرضية دون سواها. ولا حاجة لنا إطلاقاً للحديث عن «الاستقراء».

يمكن تفسير الخطأ المرتكب عادة في هذا الشأن تاريخياً: كان ينظر إلى العلم على أنه نظمة معرفة يقينية قدر الإمكان؛ وكان يقع على عاتق الاستقراء

---

(7) Karl Popper, «Indukionslogik und Hypothesenwahrscheinlichkeit» *Erkenntnis*, 5 (1935), pp. 170 ff.

التيقن من صحة العلم. ثم تبين بعد ذلك أنه يستحيل الحديث عن حقائق موثوق منها بشكل مطلق، ولذا لجأ الناس للخروج من هذا الوضع إلى نوع من «الحقيقة المخففة» كحد أدنى أي إلى «الاحتمال».

إلا أن الكلام على «الاحتمال» بدلاً من «الحقيقة» لا ينجينا من التقهقر اللامنتهي كما لا ينجينا من القبلية[8].

يبدو من وجهة النظر هذه أن تطبيق مفهوم الاحتمال على الفرضيات العلمية مضلل وغير ذي جدوى.

يمكن لمفهوم الاحتمال المستعمل في الفيزياء وفي نظرية الألعاب أن يعرف (بحسب فون ميزس) على نحو مرض بالاستعانة بمفهوم التواتر النسبي[9]. أما محاولة رايشنباخ لنقل هذا المفهوم إلى ما يعرف «باحتمال الاستقراء» أو «احتمال الفرضية» ـ بالاستعانة بمفهوم «تواتر الصحة» لمتتالية قضايا[10] ـ فمحكوم عليها [258] بالفشل في نظري: فالفرضيات لا تفسر بشكل مرضٍ كمتتاليات قضايا[11]. وحتى لو قبلنا هذا التفسير فلن يجدينا ذلك في الأمر شيئاً: إنه يقودنا إلى تعاريف غير مرضية إطلاقاً لاحتمال الفرضيات، إلى تعريف يعطي على سبيل المثال لفرضية فندت ألف مرة الاحتمال $\frac{1}{2}$، بدلاً من إعطائها الاحتمال 0، بحجة أن الفرضية قد تعارضت مع نتائج الاختبار مرة على اثنتين وسطياً! قد يكون من الممكن أن نعتبر الفرضية عنصراً من متتالية فرضيات[12] بدلاً من النظر إليها كمتتالية قضايا وأن نعزو إليها بهذه الصفة قيمة احتمال (استناداً إلى تواتر تفنيد في هذه المتتالية وليس استناداً إلى «تواتر صحة»). ولكن هذه المحاولة غير مرضية أيضاً؛ تقودنا تأملات بسيطة[13]

---

(8) انظر: Karl Popper, *Logik der Forschung*, Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffasung; 9 (Wien; Berlin: Julius Springer Verlag, 1935), p. 188 and pp. 195 f.

* (هذه أرقام الطبعة الأولى؛ المقصود هما الفقرتان 80 و81 من هذا الكتاب).

(9) المصدر نفسه، ص 94 وما بعدها. * (الأرقام من الطبعة الأولى أي الفقرات 47-51 من هذا الكتاب).

(10) يرجع هذا المفهوم إلى وايت هيد.

(11) ينظر رايشنباخ إلى متتاليات القضايا كدعاوى العلوم الطبيعية، انظر: Hans Reichenbach: *Wahrscheinlichkeitslogik*, p. 15, («Wahrscheinlichkeitlogik, Sit zungsberichte der Preuβischen Akademie der Wissenschaften,» *Physik.-Mathem. Klasse*, 29 (1932), p. 488).

(12) ينطبق هذا على وجهة النظر التي تبناها كريلنغ (Grelling) في هذا النقاش. انظر: *Erkenntnis*, 5, pp. 168 f.

(13) Popper, *Logik de Forschung*, pp. 192f.

* (الأرقام من الطبعة الاولى أي الصفحات 278-282 من هذا الكتاب).

إلى النتيجة التالية: يستحيل على هذا النحو تعريف مفهوم للاحتمال يأخذ بعين الاعتبار كون الأرصاد المفنِدة تخفض بالمقابل من احتمال الفرضية.

يجب علينا أن نتعود النظر إلى العلم «كنظمة من الفرضيات» وليس «كنظمة معارفنا» أو بمعنى آخر تحديداً كمجموعة من الاستباقات والتوقعات التي لا يمكن إقامتها على أساس متين نتعامل معها ما دامت معززة من دون أن نقول عنها إنها «حقيقة» أو إنها أكيدة «على هذا القدر أو ذاك» أو حتى إنها «محتملة».

[259]

الملحق الثاني*

مذكرة حول الاحتمالات تعود إلى العام 1938

نشر هذا العمل للمرة الأولى في المجلد 47 من مجلة *Mind* (1938)، ص 275 وما بعدها تحت عنوان «مجموعة من الموضوعات المستقلة للاحتمالات» وكان هذا أول ما نشرته باللغة الإنكليزية (ولهذا فعلى أسلوب كتابته مآخذ كثيرة. أضف إلى ذلك أن التجارب المطبعية لم تصلني قط. كنت في نيوزيلاندا ولم يكن هناك بريد جوي آنذاك).

يؤكد النص التمهيدي لهذه المذكرة، وهو وحده المعاد طبعه هنا، وللمرة الأولى على ما أظن، على ضرورة بناء النظرية الرياضية للاحتمالات كنظمة «صورية»، ونعني بذلك نظمة تقبل تفسيرات مختلفة عديدة (1) كالتفسير التقليدي، على سبيل المثال، و(2) التفسير التواتري و(3) التفسير المنطقي (والمسمى الآن أحياناً «التفسير الدلالي»).

كان أحد الأسس التي بنيت عليها رغبتي في تطوير نظرية صورية مستقلة عن التفسيرات المختارة هو أني كنت آمل تبعاً لذلك إثبات أن ما سميته في كتابي «درجة التعزيز» (أو «القبولية») ليس «احتمالاً» لأن خواص درجة التعزيز لا تتواءم مع حساب الاحتمالات الصوري[1].

كتبت هذه الدراسة لأني كنت أريد أن أبين كذلك أن «الاحتمال المنطقي» الذي عالجته في كتابي هو التفسير المنطقي «لاحتمال مطلق»، أي لاحتمال $p(x,y)$ حيث y من نوع تحصيل الحاصل. وبما أنه يمكن أن نكتب من أجل تحصيل حاصل

(1) انظر الملحق التاسع* وكذا المقاطع 27* ـ 32* في: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

«لا (x ولا x)» أو بالرمز في مذكرتي «$\overline{x\overline{x}}$» فمن الممكن تعريف الاحتمال المطلق لـ x [ونرمز له بـ $p(x)$ أو $pa(x)$] بالاستعانة بالاحتمال النسبي على النحو التالي:

$$pa(x) = p(x, \overline{x\overline{x}}) = p(x, \overline{y\overline{y}}) \quad \text{أو} \quad p(x) = p(x, \overline{x\overline{x}})$$

تتضمن مذكرتي تعريفاً مشابهاً.

لم أكن مطلعاً عندما كتبت هذه المذكرة على كتاب كولموغوروف (Kolmogoroff) **المفاهيم الأساسية في حساب الاحتمالات**، رغم صدور الطبعة الأولى لهذا الكتاب باللغة الألمانية عام 1933. كان الهدف الذي وضعه كولموغوروف نصب عينيه شديد الشبه بهدفي إلا أن نظمته كانت أقل صورية من نظمتي ولم تكن لتتيح بالتالي إمكانات التفسير العديدة التي تتيحها نظمتي. [260] والنقطة الأساسية التي نختلف فيها هي التالية: فبينما يفسر الأدلة (المتحولات) في مدلات الاحتمال كمجموعات ويقبل بالتالي أنها تحتوي على عناصر فإني لم أقبل في نظمتي أي شيء من هذا القبيل: لم يقبل في نظريتي أي شيء يتعلق بهذه الأدلة (التي أسميها «العناصر») سوى أن احتمالاتها تسلك سلوكاً متفقاً مع الموضوعات، ويمكن بطبيعة الحال اعتبار نظمة كولموغوروف كأحد التفسيرات لنظمتي[2].

كانت النظمة الأولى التي وضعتها في آخر مذكرتي ثقيلة إلى حد ما ولذلك فقد استبدلتها بسرعة بعد نشر المذكرة بنظمة أكثر بساطة وأناقة من الأولى. وقد صيغت النظمتان القديمة والجديدة بالاستعانة بالجداء (الترافق) وبالمتمم (النفي) وهذا ما فعلته في النظمات الأخرى بعد ذلك. لم أستطع حتى عام 1938 اشتقاق القانون التوزيعي من قوانين أبسط منه (التجميعي مثلاً) ولذا كان لزوماً عليّ قبوله كموضوعة. إلا أنه يصبح عندما نكتبه بدليل الجداء والمتمم وحدهما ثقيلاً جداً. وهذا ما دعاني إلى التخلي هنا عن نهاية المذكرة بنظمتها الموضوعاتية القديمة مستبدلاً إياها بالنظمة الأبسط[3] المبنية مثلها مثل النظمة القديمة على الاحتمال المطلق. وهي تشتق بطبيعة الحال من النظمة المبنية على الاحتمال النسبي المعروضة في الملحق الرابع*. أعطي هنا الموضوعات في نفس الترتيب الذي وردت فيه في المذكرة القديمة[4].

1A	$p(xy) \geq p(yx)$	(التبديل)
2A	$p((xy)z) \geq p(x(yz))$	(التجميع)

---

(2) انظر أيضاً ملاحظاتي في هذا الشأن في الملحق الرابع* من هذا الكتاب.

(3) انظر: *British Journal for the Philosophy of Science*, 6 (1955).

(4) انظر أيضاً الملحق الثالث عشر* من هذا الكتاب.

$3A \quad p(xx) \geq p(x)$ (تحصيل الحاصل)

يوجد على الأقل x ما وy ما بحيث

$4A \quad p(x) \neq p(y)$ (الوجود)

$1B \quad p(x) \geq p(xy)$ (الرتابـة)

$2B \quad p(x) = p(xy) + p(x\bar{y})$ (المتمم)

يوجد من أجل كل x، y واحد على الأقل بحيث

$3B \quad p(y) \geq p(x)$ و $p(xy) = p(x)\,p(y)$ (الاستقلال)[1*]

وإليكم الآن مذكرتي لعام 1938.

نظمة موضوعات مستقلة للاحتمالات [261]

يمكـن وصف الاحتمالات من وجهة النظر الموضوعاتية الصورية بأنها مدل[5] ثناوي (أي كدالة عددية بدليلين (متحولين)؟ لا يأخذان بالضرورة قيماً عددية). ودليلا هذا المدل هما أسماء متغيرة أو ثابتة (يمكن اعتبارهما، بحسب

(1*) يمكن اشتقاق الحساب بدون 4A وبدون 3B وتحديداً $0 = p(x\bar{x}) \leq p(x) \leq p(\overline{x\bar{x}}) \leq k$ (حيث k ثابتة). أما الحد الأدنى فليس اعتباطياً. 4A تسمح لنا فقط باستخلاص أن $k \neq 0$ وبالتالي يمكن استبدالها بهذه العلاقة أو بـ $(Ex)\, p(x) \neq 0$. 3B تسمح لنا فقط أن نستخلص من $k \neq 0$ أن $k = 1$. وهكـذا يمكـن استبـدال 4A و3B بـ $k = 1$. إلا أن مـا تبينـه 3B هـو أن $k = 1$ ليس إثباتاً اعتباطياً: ينتج $k = 1$ عن وجود عناصر مستقلة (احتمالياً) - أي عناصر تحقق مبرهنة الضرب الخاصة. انظر أيضاً الملحق الجديد الثالث عشر* من هذا الكتاب.

(5) من أجل المصطلحات، انظر: Rudolf Carnap, *Logische Syntax der Sprache*, Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffassung; 8 (Wien; Berlin: Springer, 1934), and Alfred Tarski, «Wahrscheinlichkeit und Mehrwertige Logik,» *Erkenntnis*, 5 (1935), p. 175.

[ترجمت كلمة Funktor (وهي نفس الكلمة بالإنكليزية والفرنسية) إلى مُدل لأنها تجمع بين مفهومي الدالة Funktion والمؤثر Operator (وهما نفسهما في اللغتين الإنكليزية والفرنسية) ويحتاج تعريف المدل إلى تعريف الفئة أولاً. والفئة هي صف أشياء لنسمها ...A, B (قد يكون الشيء مجموعة أو فضاء توبولوجياً أو زمرة الخ) وصف تشاكلات هذه الأشياء أي التطبيقات ...F, G, التي تنقل البنية: F تشاكل إذا كان $F(AB) = F(A)\,F(B)$. ونرمز للتشاكلات بين الصفين A وB مثلاً بـ $H(A,B)$ ولدينا $F \in H(A,B)$ وكذلك $G \in H(C,A)$. والمدل F هو تطبيق لفئة G في فئة أخرى 'G يتلاءم مع البنية الفئوية أو بعبارة أخرى هو تطبيق تقابل فيه أشياء الفئة الأولى أشياء من الفئة الثانية، وهو أيضاً تطبيق لتشاكلات الفئة الأولى في تشاكلات الفئة الثانية. لنسم أشياء الفئة الثانية ...A' B' وتشاكلاتها ...F'G' فإن المدل $F(A) = A'$ و$F(FG) = F(F).\,F(G) = F'G'$؛ $F(I_A) = I_{A'}$ حيث I_A هو التطبيق المتطابق في $H(A,A)$ وكذا IA' في $H(A',A')$] (المترجم).

التفسير المختار، أسماء محمولات أو أسماء قضايا). إذا ما قبلنا نفس قواعد الاستعاضة ونفس التفسير فيمكننا عندئذٍ كتابة هذا المدل على الشكل:

«$p(x_1, x_2)$»

ونقرأ «احتمال x_1 بالنسبة لـ x_2».

لعله من المفيد إنشاء نظمة موضوعات s_1، يدخل فيها $p(x_1, x_2)$ كمتحول أساسي (غير معرف)، مبنية بشكل يجعلها صالحة لكل التفسيرات المقترحة. إن التفسيرات الثلاثة الأكثر تداولاً هي (1) التعريف التقليدي[6] للاحتمال كنسبة الحالات المواتية إلى الحالات الممكنة (ومتساوية الإمكانية)، (2) نظرية التواتر[7] التي تعرف الاحتمال بالتواتر النسبي لصف معين من الأحداث داخل صف آخر و(3) النظرية المنطقية[8] التي تعرف الاحتمال بدرجة العلاقة المنطقية بين القضايا (وهي تساوي الواحد إذا كان x_1 ينتج منطقياً من x_2 و0 إذا كان نفي x_1 ينتج منطقياً من x_2).

يوصى عند إنشاء نظمة من هذا النوع s_1 التي تقبل كلاً من التفسيرات المشار إليها أعلاه (وبعض التفسيرات الأخرى أيضاً) بإدخال بعض الدالات غير المعرفة للأدلة بالاستعانة بزمرة خاصة من الموضوعات (انظر الزمرة A أسفله) كالترافق مثلاً («x_1 وx_2» التي نرمز لها بـ x_1x_2) والنفي (لا x_1 الذي يرمز له بـ $\overline{x_1}$). وهكذا يمكننا التعبير عن «x_1 ولا x_1» بـ $x_1\overline{x_1}$ وعن نفي هذا التعبير بـ $\overline{x\overline{x}}$. (فإذا ما تبنينا التفسير (3) مثلاً أي التفسير المنطقي فإن $x_1\overline{x_1}$ هي اسم القضية المكونة من ترافق القضية المسماة x_1 مع نفيها).

[262] يمكننا البرهان شريطة صياغة قواعد الاستعاضة على نحو مناسب أنه يصح من أجل أي x_1 و x_2 و x_3:

$$p(x_1, \overline{x_2\overline{x_2}}) = p(x_1, \overline{x_3\overline{x_3}})$$

وبهذا تتوقف قيمة $p(x_1, \overline{x\overline{x_1}})$ في الواقع على متحول واحد x_1. وهذا ما يبرر

---

(6) انظر على سبيل المثال: Hyman Levy and Leonard Roth, *Elements of Probability* (Oxford: The Clarendon Press, 1936), p. 17.

(7) انظر: Karl Popper, *Logik der Forschung*, Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffassung; 9 (Wien; Berlin: Julius Springer Verlag, 1935), pp. 94-153.

* (الفصل الثامن من هذا الكتاب).

(8) انظر: John Maynard Keynes, *A Treatise on Probability* (London: Macmillan, 1921);

أعطى مازوركيفكس (Mazurkiewicz) حديثاً نظمة أنسب، انظر: S. Mazurkiewicz, «Zur Axiomatik der Wahrscheintlichkeitsrechnung,» *Comptes-rendus des séances de la Société des Sciences et des Lettres de Varsovie*, Classe III, 25 (1932), and Tarski, «Wahrscheinlichkeit und Mehrwertige Logik».

التعريف[9] الصريح التالي للمدل الموناوي (بحد واحد)* $pa(x_1)$ الذي نطلق عليه، اسم «الاحتمال المطلق»

$$pa(x_1) = p(x_1, \overline{\overline{x_2}x_2}) \qquad \text{تع } 1$$

(نعطي كمثل على تفسير $pa(x_1)$ بالمعنى (3) أي بالمعنى المنطقي مفهوم الاحتمال المنطقي الذي استعملته في نشرة سابقة)[10].

يمكننا كذلك البدء بالإنشاء كله من الطرف الآخر: فبدلاً من إعطاء نظمة موضوعات s_1 انطلاقاً من الحد الأساسي (المدل الأساسي) $p(x_1, x_2)$ وإعطاء التعريف الصريح لـ «$p_a(x_1)$» يمكننا إنشاء نظمة موضوعات أخرى s_2 يظهر فيها «$pa(x_1)$» كمدل أساسي ثم نصوغ بالاستعانة بـ «$pa(x_1)$» التعريف الصريح لـ «$p(x_1, x_2)$»:

$$p(x_1,x_2) = \frac{pa(x_1 x_2)}{pa(x_2)} \qquad \text{تع } 2$$

وتصبح الصيغ التي تبنيناها في s_1 كموضوعات (وكذلك تع$_1$) مبرهنات في النظمة s_2 أي أنه يمكن اشتقاقها بالاستعانة بالنظمة s_2.

يمكن البرهان على أن هاتين الطريقتين، اختيار s_1 وتع$_1$ أو اختيار s_2 وتع$_2$، لا تتمتعان من وجهة نظر الموضوعاتية الصورية بنفس الميزات. فالطريقة الثانية أفضل من الأولى من بعض النواحي، أهمها أنه من الممكن في s_2 صياغة موضوعة الأحدية على نحو أقوى بكثير من نظيرتها في s_1 (في حالة عدم تقييد عمومية s_1). يرجع هذا إلى كون قيمة $p(x_1, x_2)$ غير محددة في حالة $pa(x_2) = 0$[*2].

نعطي هنا نظمة موضوعات مستقلة (s_2) من النوع الموصوف أعلاه. (ويسهل [263]

---

(9) انظر: Carnap, *Logische Syntax der Sprache*, p. 24.

* لعله من الأبسط كتابة تع1 (من دون «تبرير») كالتالي: $pa(x_1) = p(x_1, \overline{x_1\overline{x_1}})$.

(10) انظر: Popper, *Logik der Forschung*, pp. 71 and 151,

* (الفقرتان 34 و72 من هذا الكتاب).

(*2) تبقى النظمة (s_2) متميزة على النظمة النسبية (s_1) ما دمنا ننظر إلى الاحتمال النسبي p(x,y) كغير معين عندما تكون pa(y) = 0. إلا أنني طورت بعد ذلك نظمة يكون فيها الاحتمال النسبي معيناً حتى عندما يكون pa(y) = 0. انظر الملحق الرابع* من هذا الكتاب. ولذلك فإني أرى الآن أن النظمة النسبية مفضلة على النظمة المطلقة. (أود القول أيضاً أني أجد المصطلح «موضوعة الأحدية» والمترجم إلى الإنكليزية بـ «Axiom of Uniqueness» سيء الاختيار. إن ما كنت أريد التعبير عنه هو شيء من قبيل التعريف 1D، الملحق الخامس*، ص 397 من هذا الكتاب.

إنشاؤها بالاستعانة (s_1)). إنها كافية برفقة التعريف تع$_2$ لاشتقاق نظرية الاحتمالات الرياضية. ويمكننا تقسيم الموضوعات إلى زمرتين. تتكون الزمرة A من موضوعات تتعلق بعمليات انضمام الأدلة ـ الترافق والنفي ـ وهي عملياً تكييف لنظمة مسلمات ما يعرف «بجبر المنطق»[11]. أما الزمرة B فهي التي تكون الموضوعات المترية الخاصة بنظرية الاحتمال وهي: (وقد تبع ذلك نظمة الموضوعات، بأخطاء مطبعية عديدة تعقد القراءة، والتي استبدلتها بعد ذلك بالنظمة الأبسط المعطاة أعلاه).

كريستشرش، نيوزيلاندا، 20 تشرين الثاني/ نوفمبر عام 1937.

(11) انـظـر: Edward Huntington, «Sets of Independent Postulates for the Algebra of Logic,» *Trans. Amer. Math. Soc.*, 5 (1904), p. 292, and Alfred North Whitehead and Bertrand Russell, *Principia Mathematica*, vol. 1,

حيث القضايا الخمسة 22,51، 22,52، 22,68، 24,26، و24,1، تقابل موضوعات الزمرة A الخمسة.

[264]

الملحق الثالث*

حول الاستعمال الكشفي للتعريف التقليدي للاحتمال وبخاصة لاشتقاق مبرهنة الضرب العامة

إن لتعريف الاحتمال التقليدي كحاصل قسمة عدد الحالات المواتية على عدد الحالات الممكنة ومتساوية التوزيع قيمةً كشفيةً معتبرةً. إلا أن العيب الأساسي فيه هو أنه، في رمي النرد على سبيل المثال، لا يطبق إلا على النرد المتناظر والمتجانس وليس على النرد المغشوش، فهو بعبارة أخرى لا يأخذ بعين الاعتبار عدم تساوي وزن الحالات الممكنة. يمكن في بعض الحالات وبوسائل مختلفة التغلب على هذه الصعوبة؛ وهنا تكمن في حقيقة الأمر القيمة الكشفية لهذا التعريف: يجب أن يتطابق التعريف الجديد المناسب مع التعريف القديم في حال التغلب على صعوبة عزو وزن للحالة، وعليه بالأولى أن ينطبق على كل الحالات التي يصح فيها التعريف القديم.

(1) يطبق التعريف التقليدي في كل مرة نخمن فيها أننا نتعامل مع أوزان متساوية، أو توزيعات متساوية وبالتالي مع احتمالات متساوية.

(2) ويطبق كذلك في كل الحالات التي نستطيع فيها تحويل المسألة لنحصل على أوزان أو توزيعات متساوية.

(3) ويطبق بشكل يختلف اختلافاً طفيفاً عندما نعزو إلى الإمكانات المختلفة دالة وزن خاصة بكل منها.

(4) ويطبق على أغلب الحالات التي يعطي فيها تقويم مبسط جداً وقائم على تساوي التوزيع حلاً تكون الاحتمالات منه قريبة جداً من الصفر أو الواحد، ولهذا التعريف قيمة كشفية في هذه الحالات.

(5) وللتعريف قيمة كشفية كبيرة كل مرة نعطي فيها الوزن شكل احتمال ولنعط كمثل على ذلك المسألة التالية: ما هو احتمال رمي عدد زوجي في رمي

النرد لا يعد فيه رمي الستة ونعتبره «لا رمية». يعطي التعريف التقليدي الاحتمال 2/5 طبعاً. إلا أنه يمكننا أن نقبل أن النرد مغشوش وأن الاحتمالات (غير المتساوية) [265] $p(1)$، $p(2)$، ...$p(6)$ لوجوهه معطاة. يمكننا حينئذٍ حساب الاحتمال المطلوب وهو

$$\frac{p(2)+p(4)}{1-p(6)} = \frac{p(2)+p(4)}{p(1)+p(2)+p(3)+p(4)+p(5)}$$

وبمعنى آخر يمكننا تعديل التعريف التقليدي بحيث يعطينا من أجل الاحتمالات الرئيسة غير المتساوية القاعدة البسيطة التالية :

لنفرض أننا نعرف الاحتمالات لكل الحالات الممكنة (والتي تنفي إحداها الأخرى)، إن الاحتمال المطلوب هو حاصل قسمة مجموع احتمالات الحالات المواتية (والتي ينفي بعضها بعضاً) على مجموع احتمالات الحالات الممكنة (والتي تنفي إحداها الأخرى).

وواضح أنه يمكننا صياغة هذه القاعدة من أجل الحالات التي لا تنفي إحداها الأخرى أيضاً :

إن الاحتمال المطلوب يساوي على الدوام احتمال فصل كل الحالات المواتية (النافية إحداها للأخرى وغير النافية) مقسوماً على احتمال فصل كل الحالات الممكنة (النافية إحداها للأخرى أو غير النافية).

(6) يمكن استعمال هذه القواعد لاشتقاق تعريف كشفي للاحتمال النسبي أو لاشتقاق مبرهنة الضرب العامة.

لأننا عندما نرمز في المثال الذي أشرنا إليه أعلاه بـ «a» للأعداد الزوجية وبـ «b» للمختلفة عن الستة فإن مسألتنا باحتمال رمية زوجية مختلفة عن الستة تصبح مسألة تحديد $p(a,b)$ أي احتمال a بفرض b معطى أو احتمال وجود a من بين الـ b.

ويمكن إجراء الحساب على النحو التالي فبدلاً عن $p(2) + p(4)$ يمكننا أن نكتب على نحو أعم $p(ab)$ أي احتمال الرمية الزوجية المختلفة عن الستة. وبدلاً من $p(1) + p(2) + p(3) + p(4) + p(5)$ المكافئ لـ $1 - p(6)$ فسنكتب $p(b)$ أي احتمال رمي عدد مختلف عن ستة. وواضح أن هذا الحساب عام بمعنى الكلمة وأننا، شريطة فرض $p(b) \neq 0$، نستطيع الكتابة على الشكل

$$p(a,b) = p(ab)/p(b) \qquad (1)$$

أو على الشكل

$$p(ab) = p(a,b)\, p(b) \qquad (2)$$

(وهي صيغة أعم لأنها تبقى صحيحة ولو كانت $p(b) = 0$)

يمكن النظر إلى (1) كتعريف للاحتمال النسبي. [266]

أما العلاقة (2) فهي مبرهنة الضرب العامة للاحتمال المطلق للجداء *ab* وإذا استبدلنا «*b*» بـ «*bc*» فسنحصل من (2)[1] على

$$p(a\,b\,c) = p(a, bc)\, p(bc)$$

وبتطبيق (2) على $p(bc)$:

$$p(a\,b\,c) = p(a, bc)\, p(b, c)\, p(c)$$

وبفرض $p(c) \neq 0$

$$p(a\,b\,c)/p(c) = p(a, bc)\, p(b,c)$$

وهذا هو نظراً لـ (1)

$$p(ab, c) = p(a, bc)\, p(b, c) \qquad (3)$$

وهي مبرهنة الضرب العامة للاحتمال النسبي للجداء *ab*.

(7) إن من السهل وضع الاشتقاق الذي رسمنا خطوطه العريضة على نحو صوري. ويعتمد البرهان الصوري على نظمة موضوعات عوضاً من الاعتماد على تعريف. وهذا ناتج من كون استعمالنا الكشفي للتعريف التقليدي يقوم على إدخال إمكانيات موزونة ـ وهو عملياً نفس الشيء كالاحتمالات ـ في التعريف التقليدي. إلا أنه لم يعد من الممكن اعتبار حصيلة هذه الطريقة كتعريف بالمعنى الدقيق: لقد أقامت هذه الطريقة علاقات بين الاحتمالات وقادت بالتالي إلى إنشاء نظمة موضوعات. ويجب علينا إذا شئنا كتابة اشتقاقنا على نحو صوري ـ وهو الاشتقاق الذي يستعمل ضمنياً قوانين التجميع والجمع ـ وضع قواعد لهذه العمليات في نظمة موضوعاتنا. إن نظمة الموضوعات التي أعطيناها في الملحق الثاني* للاحتمال المطلق مثل على ذلك.

وعندما نكتب اشتقاقنا لـ (3) صورياً فسنحصل على (3) مشروطة في أحسن الأحوال ـ «شريطة أن تكون $p(bc) \neq 0$» ـ وهو ما نتج وضوحاً عن اشتقاقنا الكشفي.

---

(1) حذفت القوسين عن bc لأني مهتم هنا بمسألة كشفية وليس بمسألة صورية ولأن مشاكل قوانين الجمع ستعالج بالتفصيل في الملحقين القادمين.

ومع هذا فإن لـ (3) معنى ولو بدون هذا الشرط إذا أتيح لنا إنشاء نظمة موضوعات يكون فيها $p(a,b)$ ذا معنى بصورة عامة ولو كان $p(b)=0$. وواضح أننا [267] لن نستطيع في نظرية من هـذا القبيل اشتقاق الصيغة (3) على النحو الذي قمنا به هنا. إلا أنه يمكننا قبول (3) كموضوعة والنظر إلى الاشتقاق الحالي كتبرير كشفـي لإدخال هذه الموضوعة[2]. وهكذا نصل إلى النظمة التي سنشرحها في الملحق التالي الرابع*.

(2) انظر أيضاً الصيغة (1) في الملحق القديم الثاني من هذا الكتاب.

[268]

الملحق الرابع*

النظرية الصورية للاحتمال

لقد بدا لي أنه من المرغوب فيه، نظراً لإمكانية تفسير منطوقات الاحتمال مثل $p(a,b) = r$ بطرق عديدة، إنشاء نظمة «صورية» بحتة («مجردة» «مستقلة بذاتها») بحيث يمكن «لعناصرها» (الممثلة بـ a، b ..) أن تفسر بأشكال مختلفة من دون أن نكون ملزمين بأي منها تحديداً. لقد اقترحت نظمة صورية للمرة الأولى عام 1938 (في عمل نشر في *Mind* وأعيد طبعه في الملحق الثاني*) ثم أنشأت بعد ذلك عدة نظمات مبسطة[1].

---

(1) في: *British Journal for the Philosophy of Science*, 6 (1955), pp. 53 and 57f.,

وفي الهامش الأول لملحق: Karl Popper, «Philosophy of Science: A Personal Report,» in Cecil Alec Mace, ed., *British Philosophy in the Mid-Century: A Cambridge Symposium* (London: Allen and Unwin, [1957]),

انظر الهامش رقم (1*)، ص 345 أعلاه.

تجدر الملاحظة أن النظمات التي ناقشها هنا هي «صورية» أو «مجردة» أو «مستقلة بذاتها» بالمعنى الذي أعطيناه لها أعلاه، إلا أن إعطاء شكل صوري كامل لنظمتنا يقتضي إدماجها في هيكلة رياضية ما. (قد يكفي لذلك جبر تارسكي البدائي).

يمكن التساؤل عما إذا كان إجراء البت موجوداً من أجل نظمة مؤلفة من الجبر البدائي لتارسكي مثلاً ومن الصيغ A وB وC، انظر ص 373 أسفله. والجواب كلا لأنه من الممكن إضافة صيغ إلى النظمة تعطي عدد العناصر a، b، . . . الموجودة في النظمة S. وهكذا فلدينا في النظمة المبرهنة:

يوجد في S عنصر a بحيث $p(a,\bar{a}) \neq p(\bar{a},a)$

ويمكننا أن نضيف إليها

(0) يصح من أجل أي عنصر a في S $p(a,\bar{a}) \neq p(\bar{a},a)$

إلا أن إضافة هذه الصيغة إلى النظمة تسمح لنا بالبرهان أن في S عنصرين فقط. تبين الأمثلة التي نبرهن بواسطتها أدناه أن موضوعاتنا متسقة (خالية من التناقض) أنه من الممكن لـ S أن تحتوي على عدد لامتنه من العناصر. وهذا ما يبين أن (0) وما شابهها من الصيغ التي تحدد عدد العناصر في S غير قابلة للاشتقاق. وكذلك فإن نفي هذه الصيغ غير قابل للاشتقاق هو أيضاً. وهكذا فإن نظمتنا غير تامة.

إن ما يميز نظرية من هذا القبيل من غيرها هو الصفات الرئيسية الثلاثة التالية: (*I*) إنها صورية بمعنى أنها لا تفرض أي تفسير خاص ولكنها تتيح فيما تتيح كل التفسيرات المعروفة (*II*) إنها مستقلة بذاتها بمعنى أنها تقوم على المبدأ القائل إن الاستتباعات الاحتمالية تشتق من المقدمات الاحتمالية وحدها أو بتعبير آخر أن حساب الاحتمالات هو تحويل احتمالات إلى احتمالات أخرى. (*III*) إنها متناظرة، وهذا يعني أنه يصح ما يلي: في كل الأحوال التي يكون لدينا فيها احتمال $p(b,a)$ ـ أي احتمال b مع a معطى ـ يوجد أيضاً احتمال $p(a,b)$ حتى ولو كان احتمال b المطلق ـ $p(b)$ ـ مساوياً للصفر، أي حتى لو كان $p(b) = p(b, \overline{a\bar{a}}) = 0$. [269]

والغريب في الأمر أنه باستثناء محاولاتي في هذا المجال لا توجد على ما يبدو نظرية من هذا النوع حتى الآن. لقد سعى بعض المؤلفين ـ كولموغوروف على سبيل المثال ـ إلى بناء نظرية «مجردة» أو «صورية» إلا أنهم كانوا يقبلون أثناء إنشائهم هذا التفسير الخاص أو ذاك. لقد افترضوا مثلاً أن «العناصر» a,b في معادلة مثل

$$p(a,b) = r$$

هي قضايا أو نظمات استنتاجية لقضايا، أو مجموعات، أو خواص أو صفوف أشياء (كليات).

يكتب كولموغوروف[2]: «إنه من الضروري والممكن وضع نظرية الاحتمالات بصفتها فرعاً من فروع الرياضيات على شكل موضوعاتي مثلها مثل الهندسة أو الجبر» ويذكر بإدخال مفاهيم الهندسة الأساسية في كتاب هيلبرت (Hilbert) **أسس الهندسة** وبنظمات مجردة شبيهة أخرى.

ومع ذلك يقبل كولموغوروف في صيغته «$p(a,b)$» ـ استعمل هنا رموزي بدلاً من رموزه ـ أن a وb مجموعتان وهو بهذا ينفي فيما ينفي التفسير المنطقي الذي تكون فيه a وb قضيتين (أو إذا أردنا «منطوقتين») ويكتب وهو على حق «ولا يهمنا .. ما تمثله عناصر هذه المجموعة..». ولكن هذا لا يكفي لإثبات الطابع الصوري للنظرية الذي يبتغيه؛ فليس لـ a وb في تفسيرات عديدة أية عناصر أو أي شيء آخر يمكنه أن يقابل عناصر من هذا القبيل.

ولهذا كله توابع خطيرة في إنشاء نظمة لموضوعات.

(2) كل المقتطفات هنا مأخوذة من الصفحة 1 من: Andrej Kolmogoroff, *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete; 2 (Berlin: J. Springer, 1933).

إن من يفسر a وb كقضايا (منطوقات) يقبل بطبيعة الحال بصلاح تطبيق الحساب الذي ينظم الروابط بين القضايا (حساب المنطوقات) على هذه العناصر. وبنفس الشكل يقبل كولموغوروف بصلاح عمليات الجمع والضرب والتتميم في المجموعات على عناصره لأنه يعتبر هذه العناصر كمجموعات.

أو على نحو ملموس تفترض صلاحية القوانين الجبرية التالية (أحياناً بشكل ضمني) :

التجميعية

$$(a\,b)\,c = a(b\,c) \qquad (a)$$

[270]

التبديلية

$$a\,b = b\,a \qquad (b)$$

أو قانون تطابق القوة (قانون بول *Boole*)

$$a = a\,a \qquad (c)$$

من أجل عناصر النظمة ـ أي من أجل أدلة الدالة $p\,(..,..)$

ثم يعطى بعد هذا القبول، العلني أو الضمني، عدد من الموضوعات أو المصادرات للاحتمال النسبي أي لـ

$$p(a,b)$$

ونعني احتمال a على أساس إعلام b، أو للاحتمال المطلق

$$p(a)$$

ونعني احتمال a عندما لا تكون لدينا أية معلومات أو معلومات تحصيل حاصل فقط.

إلا أن القيام بالإجراءات على هذا النحو يخفي الواقع التالي الغريب والهام في آن واحد وهو أن بعض الموضوعات أو المصادرات التي تبنيناها للاحتمال النسبي تضمن لوحدها صلاحية كل قوانين جبر بول من أجل العناصر. وهكذا ينتج على سبيل المثال شكل من قانون التجميع من الصيغتين التاليتين[3] :

(3) انظر الملحق الثالث*، السابق، من هذا الكتاب.

$$p(a\,b) = p(a,b)\,p(b) \qquad (d)$$

$$p(a\,b,c) = p(a, bc)\,p(b,c) \qquad (e)$$

كما توفينا أولى هاتين الصيغتين بنوع من التعريف للاحتمال النسبي انطلاقاً من الاحتمال المطلق

(d') إذا كان $p(b) \neq 0$ فإن $p(a,b) = p(ab)/p(b)$

أما الصيغة الثانية، وهي الصيغة المقابلة للاحتمالات النسبية، فهي المعروفة باسم «مبرهنة الضرب العامة».

ينتج من هاتين الصيغتين (d) و(e) وبدون أي فرض إضافي (ما عدا قابلية استعاضة الاحتمالات المتساوية بعضها من بعض) الشكل التالي لقانون التجميع

$$p((ab)\,c) = p(a\,(bc)) \qquad (f)$$

ومع ذلك يبقى هذا الواقع[4] المهم غائباً عن الأنظار إذا ما أدخلنا (f) عن طريق فرض المتطابقة الجبرية (a) ـ القانون التجميعي ـ حتى قبل البدء بتطوير حساب الاحتمال. لأننا انطلاقاً من [271]

$$(a\,b)c = a\,(bc) \qquad (a)$$

نحصل على (f) بأن نضع ببساطة في المتطابقة

$$p(x) = p(x)$$

وهكذا تبقى إمكانية اشتقاق (f) من (d) و(e) غائبة عن الأنظار كذلك. أو بعبارة أخرى لا يرى المرء أن قبول (a) لا طائل منه البتة عندما نعمل في نطاق نظمة موضوعـات تتضمن (d) و(e) صراحة أو ضمناً. وأن قـبول (a) بالإضافة إلى (d) و(e) يحجب عنا إمكانية التثبت من العلاقات التي تحتويها موضوعاتنا أو مصادراتنا ضمنياً. مع أن هذا التثبت هو أحد أهم أهداف الطريقة الموضوعاتية.

(4) يجري الاشتقاق على النحو التالي:

(1)	$p((ab)c) = p(ab,c)p(c)$	d
(2)	$p((ab)c) = p(a,bc)p(b,c)p(c)$	1,e
(3)	$p(a(bc)) = p(a,bc)p(bc)$	d
(4)	$p(a(bc)) = p(a,bc)p(b,c)p(c)$	3, d
(5)	$p((ab)c) = p(a(bc))$	2, 4

وتبعاً لذلك لا يلاحظ المرء أن (d) و(e) رغم أنهما تتضمنان (f)، أي معادلة مصوغة بتعابير الاحتمالات المطلقة فإنهما غير كافيتين وحدهما لاشتقاق (g) و(h)، وهما المعادلتان المقابلتان المصوغتان بتعابير الاحتمالات النسبية :

$$p((ab)c, d) = p(a\,(bc), d) \quad (g)$$

$$p(a, (bc)\,d) = p(a, b(cd)) \quad (h)$$

يتطلب اشتقاق هاتين الصيغتين[5] أكثر بكثير مما يتطلبه اشتقاق (d) و(e)؛ وهذا أيضاً أمر في بالغ الأهمية من وجهة النظر الموضوعاتية.

لقد أعطيت هذا المثال لأبين أن كولموغوروف لم ينفذ برنامجه. ويصح هذا أيضاً على كل النظمات التي أعرفها. أما في نظمات المصادرات التي وضعتها في الاحتمالات فإن كل مبرهنات جبر بول مستنتجة. ويمكن تفسير جبر بول من جهته تفسيرات عديدة متنوعة: كجبر، أو جبر محمولات، أو قضايا (منطوقات) الخ.

وهناك نقطة أخرى تكتسي أهمية كبرى هي مشكلة «التناظر» في النظمة. تسمح لنا (d') كما أشرنا إلى ذلك أعلاه إعطاء تعريف للاحتمال النسبي بمساعدة الاحتمال المطلق:

(d') إذا كان $p(b) \neq 0$ فإن $p(a,b) = p(ab)/p(b)$

ولا يمكن هنا تجنب المقدم «إذا كان $p(b) \neq 0$» لأن القسمة على صفر ليست عملية معرفة. وبالتالي فإن أغلب صيغ الاحتمال النسبي، في النظمات المعتادة، يعبر عنها على شكل شرطي مثل (d'). وعلى سبيل المثال فإن الصيغة (g) غير صحيحة في أغلب النظمات ويجب استبدالها بصيغة شرطية (g^-) أضعف منها بكثير :

[272] (g^-) إذا كان $p(d) \neq 0$ فإن $p((ab)c, d) = p(a(bc), d)$

ويجب وضع شرط مماثل أمام (h).

لقد غاب هذا عن نظر بعض المؤلفين (مثلاً عن جيفرس وعن جـ. هـ. فون فريت (G. H. von Wright)؛ قبل هذا الأخير شروطاً تعود إلى الشرط $b \neq 0$، مع أن هذا لا يضمن أن يكون $p(b) \neq 0$ لأن نظمة فريت تتضمن على وجه الخصوص «موضوعة استمرار»). وهكذا فإن نظمات هؤلاء المؤلفين على

(5) انظر الملحق الخامس*، الفقرات 41 ـ 62 من هذا الكتاب.

شكلها الحالي متناقضة، مع أنه من الممكن تحسينها في بعض الأحوال. (قام جيفرس بعد نشر هذا الكتاب بالإنكليزية بالإصلاحات الضرورية جزئياً)[6]. لقد انتبه مؤلفون آخرون إلى هذا الوضع وأخذوه بعين الاعتبار ونتج من ذلك أن نظماتهم (إذا ما قورنت بنظمتي) ضعيفة منطقياً: قد يقع في نظماتهم أن

$$p(a, b) = r$$

صيغة ذات معنى بينما ليس للصيغة

$$p(b, a) = r$$

بنفس العنصرين أي معنى لأنها غير معرفة وفق الأصول ولا يمكن تعريفها لكون $p(a) = 0$.

إن هذا النوع من النظمات ليس ضعيفاً وحسب ولكنه غير ملائم لأغراض هامة عديدة. فلا يمكن على سبيل المثال تطبيقه بشكل جيد على القضايا ذات الاحتمال المطلق المساوي للصفر، على الرغم من الأهمية البالغة لهذا التطبيق: إن للقوانين العامة على سبيل المثال، وهذا ما سنفرضه مؤقتاً[7]، الاحتمال صفر. لنأخذ نظريتين كليتين s وt بحيث تشتق s من t؛ يمكننا عندئذ الادعاء أن:

$$p(s,t) = 1$$

أما إذا كان $p(t) = 0$ فلن يعد في مقدورنا فعل ذلك في نظمات الاحتمال المعتادة. ولأسباب مماثلة فمن الممكن أن يكون

$$p(e,t)$$

حيث e واقع مادي يدعم النظرية t، غير معرف. ولكن هذا التعبير هام جداً. (يتعلق الأمر بالـ likelihood لفيشر (Ficher) «بالصدق» النسبي لـ t، بأرجحيتها على ضوء الإثبات الواقعي e)[8].

وهكذا فإننا في حاجة إلى حساب احتمالات يمكننا فيه استعمال دليل ثان ما باحتمال مطلق مساوٍ للصفر. وهو حساب لا غنى عنه في المناقشة الجدية لنظرية التعزيز على سبيل المثال.

---

(6) انظر الهامش رقم (10) في الملحق الخامس* من هذا الكتاب.

(7) انظر الملاحق السابع*، والثامن*، والسادس عشر* من هذا الكتاب.

(8) انظر كذلك الملحقين التاسع* والثامن عشر* من هذا الكتاب.

ولهذا فقد بذلت جهدي لسنين عديدة لإنشاء حساب للاحتمالات النسبية [273] بحيث نعطي فيه، كل مرة نعطى فيها معنى لـ

$$p(a,b) = r$$

(أي أنها «صيغة جديدة جيدة التكوين») أي أنها صحيحة أو باطلة، معنى أيضاً للصيغة

$$p(b,a) = r$$

حتى ولو كان $p(a)=0$. يمكن القول عن نظمة من هذا النوع إنها «متناظرة». ولقد نشرت أول نظمة من النوع المذكور عام 1955[9]. ولقد أبانت هذه النظمة أنها أبسط بكثير مما كنت أتوقع. ولقد بقيت منشغلاً آنذاك بالصفات المميزة لكل نظمة من هذا القبيل. وأعني بذلك بوقائع كهذه الواقعة: تصح في كل نظمة متناظرة مرضية قواعد كالتالية:

$$p(a, b\bar{b}) = 1$$

إذا كان $p(\bar{b},b) \neq 0$ فإن $p(a,b) = 1$

إذا كان $p(a, \bar{a}b) \neq 0$ فإن $p(a,b) = 1$

وهي صيغ إما أنها غير صحيحة في النظمات المعتادة أو أنها ـ ويصح هذا على الصيغة الثانية والثالثة ـ صحيحة لعدم صحة المقدم فقط (محققة بالفراغ Vacuously satisfied) لأنها افترضت دليلاً ثانياً ذا احتمال مطلق مساوٍ للصفر. ولهذا فقد اعتقدت عندئذ أنه من الضروري وجود صيغ من هذا النوع في موضوعاتي. ولكني وجدت بعدئذ أنه من الممكن تبسيط نظمتي واكتشفت في نطاق هذا التبسيط أنه من الممكن اشتقاق كل هذه الصيغ غير المألوفة من صيغ أخرى تبدو «عادية» تماماً. ونشرت النظمة المبسطة التي وصلت إليها للمرة الأولى في مقالي «Philosophy of Science: A Personal Report»[10]. ويتعلق الأمر بالنظمة المؤلفة من الموضوعات الستة التي أعرضها بالتفصيل في هذا الملحق.

---

(9) في: *British Journal for the Philosophy of Science*, 6 (1955).

انظر الهامش رقم (1*)، ص 345 أعلاه.

(10) Popper, «Philosophy of Science: A Personal Report,» in: Mace, ed., *British Philosophy in the Mid-Century: A Cambridge Symposium*, p. 191.

إن الموضوعات الستة المعطاة هناك هي 1B، C، 2B، 3A، 2A و1A في هذا الملحق وقد رمز لها هناك بالترتيب 1B، 2B، 3B، 1C، 1D و1E.

إن هذه النظمة بسيطة وحدسية على نحو مدهش وتتجاوز قوتها المنطقية كل النظم الأخرى المعتادة بكثير. ويعود ذلك إلى أنني حذفت الشروط من كل الصيغ باستثناء واحدة (الموضوعة C)؛ شروطاً من نوع «إذا كان $p(b) \neq 0$ فإن . . .» (هذه الشروط موجودة في النظمات المعتادة أو يجب وضعها وإلا وقع التناقض).

[274] أود في هذا الملحق شرح نظمة الموضوعات بداية وإعطاء البرهان على خلوها من التناقض وعلى استقلالها ومن ثم إعطاء بعض التعاريف المرتكزة على النظمة، ومن بينها تعريف حقل الاحتمالات لبوريل.

ولنبدأ بنظمة الموضوعات بالذات.

تدخل في جملة مصادرتنا أربعة مفاهيم غير معرفة: (I) S كمنطقة مفردات أو نظمة العناصر المقبولة؛ نرمز لهذه العناصر بالحروف اللاتينية النسخية الصغيرة («a» «b» «c» . . . الخ). (II) دالة ثناوية عددية بمتحولين من هذه العناصر نرمز لها بـ $p(a,b)$ الخ، وتعني احتمال a بالنسبة إلى b (بفرض b معطاة). (III) عملية ثناوية على العناصر نرمز لها بـ «ab» ونسميها جداء (أو ترافق) a وb؛ (IV) متمم العنصر a ونرمز له بـ $\bar{a}$.

يمكننا أن نضيف إلى هذه المفاهيم الأربعة غير المعرفة مفهوماً خامساً يمكن النظر إليه كمعرف أو غير معرف كيفما نريد. إنه «$p(a)$» «الاحتمال المطلق لـ a».

تُدخِلُ مصادرة من المصادرات كُلاًّ من هذه المفاهيم غير المعرفة، ومن المفيد أن يبقى ماثلاً في أذهاننا لكي نفهم بالحدس هذه المصادرات أنه تصح من أجل كل العناصر a وb من S العلاقة $p(a,a) = p(b,b) = 1$. وهي الصيغة 23 التي سنبرهنها في الملحق الخامس*.

المصادرة 1. إن عدد عناصر S هو على الأكثر عدود لا متناهٍ.

المصادرة 2. إذا كان a وb في S فإن $p(a,b)$ عدد حقيقي وتصح الموضوعات التالية:

$1A$ توجد عناصر a وb في S بحيث $p(a,a) \neq p(a,b)$ (الوجود)

$2A$ إذا كان $p(a,b) \neq p(a,c)$ فيوجد عندئذ عنصر d في S بحيث

$p(b,d) \neq p(c,d)$ [11] (قابلية الاستعاضة)

3A $p(a,a) \leq p(b,b)$ (العكسية)

المصادرة 3. إذا كان كل من a وb في S فإن ab في S، إذا كان إضافة إلى ذلك c في S (وبالتالي bc)، فلدينا عندئذ الموضوعتان التاليتان

1B $p(ab,c) \leq p(a,c)$ (الرتابة)

2B $p(ab,c) \leq p(a,bc)\, p(b,c)$ (الضرب)

المصادرة 4. إذا كان a في S فإن $\bar{a}$ في S؛ وإذا كان إضافة إلى ذلك b في S، فلدينا عندئذ الموضوعة التالية

1C $p(a,b) + p(\bar{a},b) = p(b,b)$ إلا إذا صحت العلاقة

$p(b,b) = p(c,b)$ من أجل كل c في S (الإتمام)

[275] وبهذا نختم النظمة «البدائية» («بدائية» بالمقارنة مع توسيعها على حقول بوريل). وكما قلنا، يمكننا أن نضيف إليها تعريف الاحتمال المطلق كمصادرة خامسة ونسميها مصادرة الـ AP (أ.م)؟. كما يمكننا إذا شئنا اعتبار هذه الصيغة كتعريف صريح وليس كمصادرة[12].

المصادرة AP (أ.م). إذا كان a وb في S وإذا كان $p(b,c) \geq p(c,b)$ من أجل كل c في S فإن $p(a) = p(a,b)$ (تعريف الاحتمال المطلق)

وسنبين أسفله أن النظمة المعطاة هنا والمؤلفة من خمس مصادرات وست موضوعات متسقة (غير متناقضة) ومستقلة.

كما نعتقد أنه من المناسب هنا إبداء بعض الملاحظات العامة حول نظمة المصادرات البدائية هذه.

فهي تحتوي بالإضافة إلى منطوقات الوجود في المصادرات على ست موضوعات ـ $1A$، $2A$، $3A$، $1B$، $2B$، $1C$. تكتسي هذه الموضوعات أهمية كبرى في المناقشة الحالية لأنه من الممكن تحويلها وتوفيقها فيما بينها بطرق

---

(11) كتبت في طبعات سابقة 2A على شكل بدائي مختلف إلا أنه مكافئ. انظر الهامش رقم (2)، ص 389، والهامش رقم (8)، ص 397، والإضافة على الصفحة 387 من هذا الكتاب.

(12) تقوم AP على أن $p(b) = 1 \rightarrow p(a) = p(a,b)$، انظر النقطة (7) في الهامش رقم (16)، ص 365 من هذا الكتاب.

مختلفة، كما يستند إليها بصراحة في عملية اشتقاق المبرهنات[13]. أما القسم الباقي من المصادرات (المحتوي على منطوقات الوجود) فمن الممكن قبولها كمبرهن عليها ضمنياً (كما في الأشغال التي أشير إليها في الهامش رقم (1) ص 353). وإننا ننصح القارئ بالرجوع إلى الاشتقاقات في الملحق الخامس* لفهم أفضل لما سنقوله هنا وللاستعانة بها للتعامل بثقة مع السير العملي للنظمة.

إن نظمة الموضوعات الستة هذه مستقلة عن جبر بول، كما يمكن للمرء أن يراه على الفور، بمعنى أنها لا تشتق من أي من موضوعات التطابق عند بول[14].
[276] ثم إن النظمة مستقلة عن جبر بول بمعنى أقوى سنطلق عليه اصطلاح «الاستقلال

---

(13) انظر الملحق الخامس* من هذا الكتاب.

(14) شكل آخر ينوب عن نظمة الموضوعات يعطيه فصل موضوعة الرتابة 1B إلى موضوعتين نسميهما 4A′ و1B′:

4A′ $p(a,b) \geq 0$

1B′ إذا كان $p(ab,c) \leq p(a,c)$ فإن $p(ab,c) \leq p(b,c)$

وتبقى المصادرات والموضوعات الباقية بدون تغيير؛ إلا أنه يمكننا أيضاً استبدال 3A أو 1C أو كلاهما بالموضوعتين

3A′ $p(a,a) = 1$

1C′ إذا كان $p(a,b) \neq 1$ فإن $p(c,b) + p(\bar{c},b) = 1$

إن فصل 1B إلى 4A′ و1B′ مهم في هذا السياق لأن 1B′ ليس حدسياً وليس مستقلاً في إطار النظمة عن القانون التبديلي (b) لبول

(b) $ab = ba$

لأنه وإن كان (b) لا يتضمن 1B′ مباشرة فإن صحة هذه الموضوعة تنتج عن صحة الموضوعات الأخرى. وهذه بدورها لا تتطلب كل القوة المنطقية لـ 1B′ وتكتفي بلازمتها

1B″ إذا كان $p(ab,c) \leq p(a,c)$ من أجل كل a وb وc فإن $p(ab,c) \leq p(b,c)$ الناتجة مباشرة من (b) بالاستعاضة.

تأخذ نظمتنا شكل الأنظمة المعتادة إذا استبدلنا 3A و1C بـ 3A′؛ إلا أنها تصبح على هذا الشكل قوية أكثر من الحاجة ويبقى أمر قابلية اشتقاق 3A′ و1C′ في نظمة لا تتعلق صراحة بعددين ثابتين كصفر وواحد خفياً عن الأنظار. (لاشتقاق 3A′ و1C′ انظر الملحق الخامس* من هذا الكتاب والعلاقة 23).

يمكن استبدال 4A′ و1B′ بـ 1B، في النظمة الموصوفة هنا وفي النظمة المعطاة في النص، والعكس بالعكس. أما برهان الاستقلال المعطى أسفله فيطبق على النظمة الموصوفة هنا.

يمكن اشتقاق 1B من 4A′ و1B′ بوجود الموضوعات 3A أو 3A′، 1C أو 1C′ و2B على النحو التالي:

(1) $0 \leq p(a,b) \leq p(a,a)$	4A′، 1C أو 1C′، 3A أو 3A′
(2) $p(a,a) \geq p((aa)a,a) = p(aa,aa)\, p(a,a) = p(a,a)^2$	1، 3A′؛ 2B، 3A أو 3A′
(3) $0 \leq p(a,b) \leq p(a,a) \leq 1$	1، 2
(4) $p(ba,c) \leq p(a,c)$	2B، 3

لنحول الآن 1B′ (في أحد شكليها):

(5) $p(ab,c) \leq p(a,c)$	4، 1B′

لاشتقاق 4A′ و1B′ من 1B انظر الملحق الخامس* من هذا الكتاب.

الذاتي». ولتوضيح ذلك نقول إنه لا يمكن اشتقاق أي من الموضوعات من الموضوعات الأخرى في النظمات المعتادة ولو أضفنا إليها كل قوانين جبر بول والصيغة (*)[15]:

(*) إن $a = b$ إذا كان $p(a,c) = p(b,c)$ وفي هذه الحالة فقط، من أجل كل c في S؛ حيث تعبر العلاقة $a=b$ على التطابق أو التكافؤ البولي لعنصرين.

إن الهدف من (*)، أو من ($^-$*) الأضعف منها

($^-$*) إذا كان $a = b$ فإن $p(a,c) = p(b,c)$

في هذا السياق هو أنها تتيح لنا استبدال اسم العنصر الدليل الأول في أي تعبير $p(\ ,\ )$ باسم عنصر آخر شريطة أن يرمز هذان العنصران إلى نفس العنصر البولي. وهكذا تسمح لنا الصيغة (*) أو الصيغة ($^-$*) باشتقاق عدد كبير من المعادلات بين التعابير $p(\ ,\ )$ ومن التحويلات لهذه المعادلات.

ويتعلق الأمر في الاستقلال الذاتي أساساً باستقلال كل موضوعة من موضوعات النظمة عن كل بقية الموضوعات في النظمة، ليس هذا وحسب وإنما باستقلالها عن البقية المعضدة بكل المعادلات والتحولات التي يقود إليها جبر بول ومعه (*) أو ($^-$*).

وهكذا يكمن معنى الاستقلال الذاتي فيما يلي. يمكننا أن نكون على يقين، في حال استقلال النظمة ذاتياً أن إسهام كل موضوعة لا يقتصر على النظرية المترية للاحتمالات وإنما يتعداها إلى قواعد جبر بول، وهي القواعد التي تكشفت قابلية البرهان على صلاحها من أجل عناصر النظمة ـ بفرض أن كل الموضوعات قد أعطيت.

[277] وأريد هنا إبداء بعض الملاحظات على المصادرات والموضوعات كلا على حدة.

المصادرة 1 (ولا توجد إلا في النظرية البدائية) لا طائل منها. ينتج من ذلك أنه يمكننا للبرهان على استقلال النظمة إنشاء نظمة S ليست عدودة. (يكفي من

(15) انظر (ID)، ص 397 من هذا الكتاب.

أجل كل المصادرات الأخرى أن نفرض أن S هي مجموعة كل حواصل الجمع المنتهية للمجالات الجزئية نصف المفتوحة $[x,y)$ من المجال الواحدي $[0,1)$، حيث x وy عددان حقيقيان وليس منطقين؛ يمكن عندئذ تفسير $p(a)$ كطول هذا المجال ووضع $p(a,b) = p(ab)/p(b)$ بافتراض $p(b) \neq 0$ ويساوي 1 بافتراض $b = 0$؛ وإلا وضعناه كنهاية لـ $p(ab)/p(b)$ (بفرض وجود هذه النهاية ووحدانيتها). إن المصادرة 1 لا ترمي إلا إلى تمييز النظمات البدائية فهي مقبولة في غالب الأحيان في المعالجة الموضوعاتية لجبر بول أو لمنطق المنطوقات، وسنبرهن لاحقاً على أن S في النظرية البدائية هو جبر بول (عدود) (يوجد مثل آخر في الملحق السادس*، النقطة 15).

إن $1A$ ضروري في المصادرة 2 كي نتأكد أن الاحتمالات ليست كلها متساوية (أو بدقة أكبر ليست مساوية للصفر أو مساوية للواحد). يمكن صياغة تطلب وجود عناصر باحتمالات مختلفة بطرق مختلفة. يجب التذكير بهذه المناسبة أن استبدال الموضوعة الشرطية IC بالمكافئ المقابل يتضمن تطلب عدم مساواة كل الاحتمالات للصفر. وسيكون في هذه الحالة في وسعنا إضعاف $1A$ واستبدالها بالصيغة التالية

$1A'$ إذا كان $p(c,d) = p(d,c)$ من أجل كل c وd في S فإن $p(a,b) = 0$

وهي الصيغة التي تعطينا (بالاستعانة بالـ (*Modus tollens*) دعوى الوجود المشتقة.

إن الهدف الرئيسي من $2A$ هو السماح لنا بنقل تكافؤات بول، إذا ما برهنت من أجل الدليل الأول في $p(\ ,\ )$، إلى الدليل الثاني. يمكننا على سبيل المثال من غير الاعتماد على $2A$ البرهان على قانون التبديل على الشكل التالي:

$$p(ab,c) = p(ba,c)$$

نحصل بتطبيق $2A$ على الفور على

$$p(a,bc) = p(a,cb) \qquad 3B$$

[278] ونرى الآن أنه يمكن البرهان على $3B$ بشروط من دون اللجوء إلى $2A$ كأن نقول مثلاً في المقدمة عندما لا تكون $p(b,c) = 0$ أو $p(c,b) = 0$. أما إذا لم نشترط شيئاً فتصبح $2A$ أو أي موضوعة مكافئة لازمة (ونقصد بمكافئة هنا إمكانية مبادلتها بـ $2A$ مع صلاحية كل الموضوعات الأخرى).

والواقع أن $3B$ نفسها هي إحدى هذه الصيغ المكافئة التي يمكن أن تحل محل $2A$، لكن محذور $3B$ هو أنها تفترض الجداء ab. تكتسي الصيغة $2A^{+}$

الأقوى من بين الصيغ المكافئة أهمية خاصة (وهي أقوى ما دمنا بحاجة إلى كل الموضوعات الأخرى تقريباً لاشتقاق $2A^+$ من $2A$، بينما لا يتطلب اشتقاق $2A$ من $2A^+$ سوى $3A$؛ سنقبل هنا أن c عنصر من S)[16] :

$2A^+$ إذا كان $p(a,a) = p(b,c) = p(c,b)$ فإن $p(a,b) = p(a,c)$

والمهم هو أنه يمكن ربط $2A$ (أو $2A^+$ الخ) بـ $3A$ أو $2B$ أو AP بشكل طبيعي جداً (وفي كثير من الحالات بشكل «عضوي» بالمعنى الذي تعطيه مدرسة فارسوفيا لذلك). نتوصل إلى ربط $2A$ بـ $3A$ بكل سهولة بأن نبدأ بكتابة $2A^+$ على الشكل التالي

إذا كان $p(a,a) = p(b,c) = p(c,b)$ فإن $p(d,b) = p(d,c)$ من أجل كل d في S.

---

(16) $2A^+$ أقوى من 2A ذلك أن 3A متقدمة 2A وهذه بدورها تتضمن $2A^+$؛ لأننا نحصل بطريقة منطقية صورية بحتة على

(1) $((x)\, p(b,x)) = p(c,x) \rightarrow p(b,c) = p(c,c) \;\&\; p(b,b) = p(c,b)$

وبتطبيق 3A

(2) $((x)\, p(b,x)) = p(c,x) \rightarrow p(a,a) = p(b,c) = p(c,b)$ — (1)، 3A

وبما أن استتباع (2) هو متقدم 2A+ فنحصل على

(3) $((x)\, p(b,x)) = p(c,x) \rightarrow p(a,b) = p(a,c)$ — (2)، $2A^+$

تنتج 2A من هذه الصيغة بوضع a بدلاً من c وc بدلاً من x وd بدلاً من a

نحتاج لاشتقاق $2A^+$ من 2A إلى الصيغ 64، 63، 27 و70 من الملحق الخامس*. (وهي صيغ مشتقة في هذا الملحق من دون استخدام 2A أو ($2A^+$)

(4) $p(b,c) = 1 \rightarrow p(\bar{c},c) = p(\bar{b},c) = p(a\bar{b},c)$ — 64، 63، 27

(5) $p(b,c) = 1 \rightarrow p(ab,c) = p(a,c)$ — (4)، 70

(6) $p(b,c) = 1 \rightarrow p(ab,c) = p(a,bc)$ — 2 B

تعطينا هاتان الصيغتان شكلاً من أشكال الإطناب (أو مبدأ الهمولية) (7) أو (8):

(7) $p(b,c) = 1 \rightarrow p(a,c) = p(a,bc)$ — (5)، (6)

(8) $p(b,c) = 1 \rightarrow p(a,b) = p(a,cb)$ — (7)

ونحصل بتطبيق 3B (ص 364) على (7) و(8) على

(9) $p(b,c) = p(c,b) = 1 \rightarrow p(a,b) = p(a,c)$ — (7)، (8)

وهذا هو $2A^+$ نظراً لأن $p(a,a) = 1$. وهكذا نكون قد اشتققنا $2A^+$ من 3B؛ و3B بدورها ناتجة وضوحاً من 2A ومن القانون التبديلي، أي من الصيغة 40 في الملحق الخامس*.

وعندما نستعمل الرمز (d) «من أجل كل d في S» فيمكننا عندئذ أن نكتب

(10) $p(a,a) = p(b,c) = p(c,b) \rightarrow (d)p(d,b) = p(d,c)$ — (9)، 3A

ينتج عن استتباع (10) بالتبديل أن $p(b,b) = p(b,c)$، $p(c,b) = p(c,c)$؛ يمكن اعتماداً على 3A كتابة الصيغة (10) على شكل تكافؤ.

[279] ثم نستبدل هذه الصيغة الشرطية بمكافئتها $2A + 3$:

$3+2A$ إن $p(a,a) = p(b,c) = p(c,b)$ في حالة كون $p(d,b) = p(d,c)$ من أجل كل d في S وفي هذه الحالة فقط.

تنتج $3A$ عنها بتبديل c بـ b.

يمكننا أن نكتب لربط $2A$ عضوياً بـ $2B$:

$2AB$ $p(ab,c) = p(a,d)\,p(b,c)$ حيث فرضنا أن $p(bc,e) = p(d,e)$ من أجل كل e في S.

نحصل على صيغة قريبة جداً من $2A$ بتبديل c بـ b وعلى $2B$ باستبدال d بـ bc. ولدينا صيغة قريبة تستعمل شكلاً من أشكال $2A^+$ بدلاً من $2A$ هي

^+2AB $p(ab,c) = p(a,d)\,p(b,c)$ حيث فرضنا أن $p(a,a) = p(bc,d)$

وأن $p(bc,c) = p(d,c)$

تبقى الصيغة $2AB^+$ صحيحة عندما نبدل في المعادلة الأخيرة bc بـ b لأنه من الممكن البرهان على العلاقة «$p(bc,c) = p(b,c)$». إلا أنه إذا كان البرهان على هذه العلاقة لا يتم إلا بالاستعانة بـ $2AB^+$ وأنها بالتالي ليست تحت تصرفنا بعد فعلينا عندئذ استعمال الصورة «bc» وحدها.

إن إحدى ميزات طرق الربط المختلفة هذه بين $2A$ أو $2A^+$ وبين $2B$ هي التالية: يمكننا تجنب ظهور جداء عنصرين «bc» كدليل ثان لـ $p(\ ,\ )$ في موضوعاتنا. ونكون قد تقدمنا خطوة نحو هدفنا بعدم كتابة الجداء إلا مرة واحدة في موضوعة واحدة، وهي موضوعة سنعتبرها تعريفاً للجداء[17].

يمكننا في الختام ربط $2A^+$ عضوياً أيضاً بالمصادرة AP وسنطلق على النتيجة اسم AP^+:

AP^+ إن $p(a) = p(a,b) - p(a,c) + p(a,d)$ بفرض أن

$p(b,c) = p(c,b) = p(d,e)$ من أجل أي e في S.

وعندما نبدل c بـ b نحصل على صيغة مكافئة وضوحاً لـ AP. ونحصل من دون صعوبة على $2A^+$ بتطبيق AP على AP^+:

---

(17) انظر أسفله.

وهكذا يصبح AP^+ بشكل طبيعي جزءاً لا يتجزأ من نظمة الموضوعات عندما نربط 2A بـ AP و AP^+ على هذا النحو (بينما يمكن إهمال AP في نظمتنا المعتادة بدون خسارة تذكر اللهم إلا طريقة لاختصار بعض الصيغ).

ونتوصل، عندما نحذف 2A بأي طريقة من الطرق الموصوفة أعلاه ـ بأن نوحدها هي أو إحدى صورها بموضوعة أخرى من موضوعاتنا ـ على نظمة «مستقلة ذاتياً» بالمعنى الذي أعطيناه لهذا التعبير، ليس هذا وحسب وإنما على [280] نظمة أقوى منطقياً و«مترية كلياً»: أطلق هذا الاسم على نظمة تخلت عن كل آثار الارتباط بجبر بول وبقيت مستقلة إذا أضفنا إلى الصيغة المذكورة أعلاه

($^{*-}$) إذا كان $a = b$ فإن $p(a,c) = p(b,c)$

الصيغة التالية

($^{-*}$) إذا كان $a = b$ فإن $p(c,a) = p(c,b)$

وهي التي تتيح لنا استبدال أسماء العناصر المتكافئة في الدليل الثاني في كل معادلات حساب الاحتمالات. ويعني الاستقلال المتري الكامل بقاء كل موضوعة من موضوعات النظمة مستقلة عن الموضوعات الأخرى حتى ولو أضفنا إلى هذه الموضوعات العلاقتين ($^{-*}$) و($^{*-}$) أو أي نظمة تامة من جبر بول.

وهذا يعني حدسياً أن لدى كل موضوعة منفردة ما تقوله من وجهة النظر «المترية» وليس من وجهة النظر المنطقية وحسب (بمعنى وجهة نظر جبر بول المفسر كنظمة منطقية) بحيث تثبت كل موضوعة قانوناً أساسياً لقياس الاحتمالات. والمهم بطبيعة الحال أنه ليس بمقدورنا في نظمة مستقلة ذاتياً أو في نظمة مترية كاملة ـ كتلك التي تتخلى عن 2A وتقبل AP^+ مثلاً ـ اشتقاق جبر بول اللامتري، والمهم كذلك أننا لسنا بحاجة إلى قبول أي قاعدة من قواعد بول في أي موضوعة من الموضوعات. ونكتفي عند هذا الحد فيما يتعلق بـ 2A.

نحتاج إلى الموضوعة 3A كما أشرنا للبرهان أن

$p(a,a) = 1$ من أجل كل عنصر a من S.

وهذه الصيغة أقوى منطقياً بكثير من 3A طبعاً، لأن 3A تنتج عنها مباشرة بالتبديل. نستعمل لاشتقاق $p(a,a) = 1$ من 3A كل الموضوعات ما عدا 2A كما يتضح من برهان الصيغة 23 في الملحق الخامس*.

وكما هو عليه الأمر في 2A فمن الممكن إدماج 3A ببعض الموضوعات

الأخرى. ولقد ناقشنا سابقاً إمكانيتين من هذا النوع. والإمكانية الثالثة هي تقوية *1C* بإدخال متحول رابع. ويمكن كتابة الصيغة الناتجة بهذه الطريقة على الشكل التالي

$$1AC \quad p(a,b) + p(\bar{a},b) = p(c,c)$$ بفرض أن $$p(d,b) \neq p(c,c)$$

من أجل أي d في S.

وباستعمال السهم «→» كاختزال لـ «إذا، فإن» فمن الممكن الكتابة

$$p(a,b) \neq p(c,c) \rightarrow p(c,c) = p(d,b) + p(\bar{d},b)$$

[281] تنتج *1C* مباشرة بالتبديل في أي من هاتين العلاقتين. أما اشتقاق *3A* فهو أكثر تعقيداً إلى حد ما[18].

تتطلب المصادرة *3* وجود جداء لعنصرين أياً كانا a وb في S. وتميز كل خواص الجداء (كالمراوحة (تطابق القوة) والتبديل والتجميع) بواسطة موضوعتين بسيطتين أولاهما بديهية بالحدس وثانيتهما نوقشت في الملحق الثالث* واشتقت بالكشف.

إن الموضوعة *1B* في رأيي هي أكثر الموضوعات بداهة بالحدس. وهي مفضلة على *'4A* و*'1B* اللتين تحلان معاً محلها[19]. ذلك أنه خلافاً لـ *1B* فإنه من الممكن إساءة فهم *'4A* واعتبارها مواضعة، كما أن *'1B* لا تميز الطابع المتري الحدسي للاحتمال كما تفعل *1B* وإنما تميز خاصة صورية للجداء (أو الترافق) ab.

ومن المهم أيضاً أننا بحاجة إلى *1B* للبرهان أن الاحتمالات ليست

---

(18) يمكن اشتقاق 3A من 1AC على النحو التالي:

1CA $\quad p(c,b) + p(\bar{c},b) \neq p(b,b) \rightarrow p(b,b) = p(d,b) = p(c,b) = p(\bar{c},b)$ (1)

$p(a,a) \neq p(b,b) \rightarrow p(a,a) = p(c,b) + p(\bar{c},b) \neq p(b,b)$ (2)

1، 1CA $\quad = p(c,b) = p(\bar{c},b)$

2 $\quad p(a,a) \neq p(b,b) \rightarrow p(a,a) = 2p(b,b)$ (3)

3 $\quad p(b,b) \neq p(a,a) \rightarrow p(b,b) = 2p(a,a) = 4p(b,b) = 0 = p(a,a)$ (4)

4 $\quad p(a,a) = p(b,b)$ (5)

ويمكن أيضاً استبدال 1AC بالصيغة الأقوى

$p(a,a) \neq p(b,c) \rightarrow p(a,c) + p(\bar{a},c) = p(d,d) \quad C^{s}$

(19) انظر الهامش رقم (14) أعلاه.

أعداداً سالبة[20]. وتلعب $1B$ على صلة مع $2B$ دوراً حاسماً للبرهان على قانون التبديل $p(ab,c) = p(ba,c)$.

إن الموضوعة $2B$ هي لب النظمة. وقد اتضح معناها الحدسي في الاشتقاق الكشفي الذي قمنا به في الملحق الثالث*. وكما سنرى في اشتقاقات الملحق الخامس* تلعب $2B$ دوراً أساسياً في اشتقاق العلاقتين $p(a,b) \leq p(a,a)$ و$p(a,a) = 1$ وفي اشتقاق قوانين التبديل والتجميع والجمع. إن طريقة الكتابة المستعملة هنا ـ المتحولات بالترتيب الأبجدي ـ ليست شائعة؛ وطريقة الكتابة المألوفة هي:

$$p(ab,c) = p(a,c)\, p(b,ac)$$

لقد اخترت الترتيب الأبجدي في طرفي العلاقة لأبين بوضوح أننا لا نفرض على نحو أقوى قوانين من قبيل قانون التبديل.

توجد طريقة تافهة ولا تكتسي أهمية كبرى لدمج $2B$ و$1B$ نكتب فيها

$$p(ab,c) = p(a,bc)\, p(b,c) \leq p(a,c)$$

[282] ويمكننا على هذا النحو أن ندمج أيضاً وضوحاً $1B$ مع $2AB$ و$2AB^+$. سنسمي آخر هذه الإدماجات AB^+: وسيؤدي هذا بنا إلى اختزال عدد الموضوعات الست إلى ثلاث $1A$ وAB^+ و$1AC$. إلا أن الإدماج AB^+ ضعيف العضوية بحيث يطرح التساؤل عن إمكانية استعاضته بصيغة تقربه من فكرة الموضوعة العضوية؛ ويمكننا في الوقت نفسه السعي إلى قصر عدد عناصر الجداءات الظاهرة صراحة إلى واحد وإلى إعطاء الموضوعة شكل تعريف.

سأسمي اثنتين من الصيغ الناتجة B^+ وB. وكلتاهما توحد $2A$، $3A$، $1B$ و$2B$. وهما معقدتان نوعاً ما ولذا فإني سأستعمل في مخططهما الاختصارات التالية التي تعطيهما مظهراً عاماً أفضل: «&» عوضاً من «و» و«→» لـ «إذا . . فإن» و«↔» لـ «إن فقط وإن . . إذا»، «(a)» لـ «كل عنصر a في S» وEa لـ «يوجد على الأقل عنصر من a بحيث»

$$\begin{aligned}
&p(ab,d) = p(c,d) \leftrightarrow (e)(Ef)(p(a,d) \geq p(c,d) \leq p(b,d)\ \& \qquad {}^{+}B\\
&\& \ (p(a,d) \geq p(d,d) \leq p(b,d) \rightarrow p(c,d) \geq p(e,e)\ \&\ ((p(b,f) \geq\\
&\geq p(e,f) \leq p(d,f)\ \&\ (p(b,f) \geq p(f,f) \leq p(d,f) \rightarrow p(e,f) \geq\\
&\geq p(c,c)) \rightarrow p(a,e)\, p(b,d) = p(c,d)))).
\end{aligned}$$

(20) انظر الموضوعة '4A في الهامش رقم (14) أعلاه، والبرهان على استقلال 1B أدناه.

يأخذ هذا التكافؤ شكل تعريف إذا استطعنا وضع المؤثر «d» في بدأ كل من طرفيها؛ ويبرر لنا هذا اعتماداً على الملحق الخامس*[21] استبدال الطرف الأيسر للتكافؤ المعدل على هذا الشكل بالتعبير

$$ab = c \leftrightarrow ...$$

وتفسيره كتعريف لـ «ab». وفي الواقع فإن السهم $\rightarrow$ هو وحده المستعمل في الاشتقاقات المستندة على B^+ عندما نستعيض عن c بـ ab في B^+ يصبح الطرف الأيسر تحصيلَ حاصلٍ ونحصل من الطرف الأيمن على $1B$، $3A$، $2A$ وأخيراً على $2B$. سنشير قريباً إلى صيغة أقصر وأضعف من هذه ولها ميزات مشابهة نسميها B.

تتطلب المصادرة 4 وجود المتممات $\bar{a}$ لكل a في S وتميز المتمم بشكل شرطي مخفف للصيغة المعروفة $p(\bar{a},b) + p(a,b) = 1$، المنتمية إلى $1C$ نظراً لأن $p(b,b) = 1$. إن الشرط الموضوع على هذه الصيغة ضروري لأنه إذا كان c على سبيل المثال $a\bar{a}$ (أي العنصر الفارغ) فإن $p(a,c) = 1 = p(\bar{a},c)$ بحيث تفقد الصيغة المعروفة والواضحة ظاهرياً صحتها في هذه الحالة الحدية[22].

إن لهذه المصادرة، أو بالأحرى للموضوعة $1C$، طابعاً تعريفياً لـ $p(\bar{a},b)$ بالاستعانة بـ $p(a,b)$ و $p(a,a)$ وهذا ما نراه على الفور عندما نكتب $1C$ على الشكل التالي (وملاحظة أن II ناتج من I):

$$p(\bar{a},b) = p(a,a) - p(a,b) \qquad I$$ [283]

بفرض أنه يوجد c بحيث $p(c,b) \neq p(a,a)$؛

$$p(\bar{a},b) = p(a,a) \qquad II$$

بفرض أنه لا يوجد c من النوع المذكور،

يمكن استخلاص الطابع التعريفي لـ $1C$ بطريقة أخرى، بأن نكتب على نحو مماثل لـ B^+ التكافؤ:

$$p(\bar{a},c) = p(b,c) \leftrightarrow (d)(p(c,c) \neq p(d,c) \rightarrow p(a,c) + p(b,c) = p(c,c) \qquad C'$$

(21) انظر (1D)، ص 397 من هذا الكتاب؛ انظر أيضاً الصيغة (*)، ص 363 أعلاه.

(22) انظر الصيغة ('31) في الهامش رقم (7)، ص 394 من هذا الكتاب.

ويمكننا هنا أيضاً وضع «(c)» في مطلع الطرفين ثم استبدال الطرف الأيسر بـ

$$\bar{a} = b \leftrightarrow \ldots$$

وكما هو الحال في B^+ فإننا بحاجة هنا إلى السهم المتجه من اليسار إلى اليمين فقط لأننا حصلنا على كل الصيغ المعتادة بتبديل $\bar{a}$ بـ b (وبتطبيق الـ *Modus ponens*).

تشكل C' مضافة إلى B^+ و$1A$ نظمة مؤلفة من ثلاث موضوعات تأخذ اثنتان منها شكلاً تعريفياً (انظر أسفله ما يتعلق بالتعاريف «الخلاقة» أو «المبدعة»).

يمكننا تقوية C' باستبدال «$\rightarrow$» بـ «$\leftrightarrow$» (وهو ما يتطلب قلب المؤثر)؛ ونحصل على

$$p(\bar{a},c) = p(b,c) \leftrightarrow (p(a,c) + p(b,c) = p(c,c) \leftrightarrow (Ed)p(c,c) = p(d,c)).\ ^+C$$

ويمكن إعادة كتابة هذه الصيغة كما فعلنا بـ B^+ وC' بمؤثر «(c)» في بداية الطرفين أو بالطرف الأيسر «$\bar{a} = b \leftrightarrow ..$». ويمكننا في حال قبولنا لـ C^+ وبفضل قوته المنطقية التي سمحت لنا باشتقاق

$$(b)\ (Ea)\ p\ (b, a)\ \neq\ 0 \qquad (+)$$

استبدال $1A$ بالصيغة الأضعف منها $1A^-$ التي أشرنا إليها أعلاه، أو بالصيغة A التي سنعطيها بعد قليل. يمكننا أيضاً استبدال B^+ بالصيغة المخففة[23].

ورغم أن $1C$، C' وC^+ «مجرد تعاريف» فإنها تسهم بشكل مدهش في تقوية بقية النظمة. يستحيل اشتقاق صيغ كثيرة هامة لا تتضمن الإتمام بدون الاستعانة بـ C^+ . والصيغة (7) في الهامش رقم (16) مثل على ذلك. وهذا ما يبيّن أن لـ C^+ طابع «التعريف الخلاق». كما نود أن نسميه: نقول عن تعريف إنه خلاق (خلافاً «للتعريف الملخص فقط») عندما يتيح، إذا ما أضيف إلى صيغ النظمة الموضوعاتية الأخرى، اشتقاق المبرهنات التي يستحيل اشتقاقها بدونه، والتي لا تتضمن التعبير الذي يعرفه التعريف. (وهكذا يمكن لتعريف «خلاق» أن يصبح «تعريفاً ملخصاً»

(23) انظر أسفله.

فقط عندما تقوى نظمة الموضوعات الباقية على نحو ما: إن مفهوم «الخلاق» يخص نظمة الموضوعات[24].

[284] إن C^+ في نظمتنا خلاقة بدرجة أعلى من B^+ (و AP غير خلاق بالمرة). ذلك أنه توجد بالفعل صيغ لا تتضمن الترافق ولا تشتق بدون B^+؛ أحد الأمثلة الهامة على ذلك $p(a,a) = 1$؛ وأمثلة أخرى هي $p(\bar{a},a) \neq 0 \rightarrow p(\bar{a},a) = 1$ أو $(Ea)\ p(\bar{a},a) \neq p(a,a)$. إلا أن عدد هذه الصيغ صغير جداً على نحو غير متوقع، ثم إنه من الممكن الحصول عليها بدون B^+ بإضافة موضوعة أو موضوعتين لهذا الغرض خصيصاً. وهكذا فإن B^+ ليس خلاقاً بدرجة C^+، وهذا ما تبيّنه المحاكمة التالية.

إن الاحتمال أساساً هو دالة قياس جمعية وبالتالي فإن النزوع نحو وضع نظرية الجمع في صلب المعالجة الموضوعاتية للإحتمال أمر مفهوم تماماً. ومن الممكن تصور الانطلاق من المجموع البولي $a + b$ بدلاً عن الجداء ab وقبول مبرهنة الجمع العامة كموضوعة[25]:

$$p(a + b,c) = p(a,c) + p(b,c) - p(ab,c)$$

إلا أن الجداء ab مستعمل في هذه الصيغة (أو المتمم في حال عدم وجود الجداء)، وهو أمر لا يمكن تجنبه عندما نستعمل مبرهنة الجمع الخاصة (لأنها تدخل الشرط ... $p(ab,c) = 0 \rightarrow$؛ كذلك، وهو الأهم، فإن مبرهنة الجمع العامة لا تعفينا من قبول صيغ منفصلة تعود أساساً إلى $2B$ و$1C$. وبعبارة أخرى تشتق نظرية الجمع فعلاً من نظرية الجداء والمتمم ولكن أياً من هاتين النظريتين الأخيرتين لا يشتق من الأخرى حتى ولو قبلت نظرية الجمع على شكل موضوعاتي. إن المنزلة المنطقية لموضوعة الجمع من وجهة النظر هذه قريبة من نظيرتها في جبر بول: لا يوفر قبولها علينا شيئاً يذكر ولا يقدم لنا أي إمكانية جديدة لبناء النظرية[26].

ومن جهة أخرى فإن $1C$ أو C^+، وبالتالي نظرية الإتمام، مصدرا كل نظرية الجمع (على أن نقبل مجرد بدائيات نظرية الجداء)، كما يتضح لنا من اشتقاقات الملحق الخامس*. كل هذا يبيّن لنا الطابع الخلاق لـ $1C$ وكذا لـ C^+.

---

(24) انظر أعمالي في: *Synthese*, 15 (1963), pp. 167-186, and 21 (1970), p. 107.

(25) انظر المصادرة 79، الملحق الخامس* من هذا الكتاب.

(26) انظر: *Synthese*, 15 (1963), pp. 177, 178.

رأينا أنه يمكن اختزال نظمتنا المؤلفة من ست موضوعات إلى ثلاث موضوعات: إلى موضوعة الوجود $1A^-$ على سبيل المثال وإلى التعريفين B^+ وC^+؛ ويمكننا إذا شئنا إضافة التعريف AP الذي يمكن كتابته على نحو أبسط ـ عندما نسمح بإدخال تعابير معرفة في التعريف ـ على الشكل:

$$p(a) = p(a, \overline{a\overline{a}}) \qquad (.)$$

[285] وإذا أراد المرء أقل وأقصر الموضوعات فعليه تفضيل نظمة الموضوعات المؤلفة من A وB وC التالية على ما عداها. لأن A أقصر من $1A^-$ وأضعف من $1A$؛ وكذلك الأمر في B (المعتمد على $2AB^+$ أعلاه) وC فهما أقصر من B^+ وC^+ بالترتيب. وعلى قصره فإن C قوي بقدر C^+ وهو ما أتاح لنا استبدال $1A$ بـ $1A^-$ أو A. وباستعمالنا لـ B بدلا عن B^+ الأقوى منه نستغل قوة C أو C^+ الإضافية أي الصيغة (+) أعلاه. لنلاحظ أن B ـ وهي من وجهة النظر هذه منفصلة عن B^+ ـ ستصبح باطلة إذا تخلينا عن المؤثر الأول «d» حتى ولو استبدلنا «↔» بـ → الكافي في واقع الأمر.

$$(Ea)(Eb)p(a,b) \neq 1 \qquad A$$

$$((d)p(ab,d) = p(c,d) \leftrightarrow (d)(e)(p(a,b) \leq p(c,b) \ \&\ p(a,d) \geq \qquad B$$

$$\geq p(c,d) \leq p(b,c) \ \&\ p((b,d) \leq p(e,d) \ \&\ p(b,e) \geq p(e,e) \leq$$

$$\leq p(d,e) \rightarrow p(a,e)\, p(b,d) = p(c,d))).$$

$$p(\bar{a},b) = p(b,b) - p(a,b) \leftrightarrow (Ec)\, p(b,b) \neq p(c,b). \qquad C$$

نحصل في هذه النظمة بداية على $1B$ و$2B$ من B بوضع ab بدلاً عن c وbd بدلاً عن e؛ وبوضع aa بدلاً عن c وa بدلاً عن b وd بدلاً عن e. نحصل عندئذ على $3A'$ من الحد الأخير الأيمن وأخيراً على $2A^+$ بتبديل c بـ ab وb بدلاً عن d. (عندما نستبدل A بـ $1A$ فإن $1C$ كافية عوضاً عن C).

تبدو لي هذه النظمة المؤلفة من A، B، C مشوقة نظراً لقصر موضوعاتها وطابعها التعريفي إلا أني أفضل على الرغم من ذلك نظمتي الأولى المؤلفة من ست موضوعات $1A$، $2A$، $3A$، $1B$، $2B$، $1C$ لأنها تعرض في رأيي على أوضح وجه كل فروضاتنا وتسمح لنا تحديد الدور الذي تلعبه كل من هذه الفروضات المنفردة على وجه الدقة في النظرية.

يبرهن أن نظمة موضوعاتنا غير متناقضة: يمكننا إنشاء نظمة من عناصر S

(عددها لامنته؛ البرهان تافه عندما يكون العدد منتهياً) ودالة $p(a,b)$ بحيث تتحقق كل الموضوعات بالبرهان كما يمكن البرهان على استقلالية نظمة موضوعاتنا. وهو برهان سهل حقاً نظراً لضعف موضوعاتنا المنطقي.

يقوم البرهان التافه على عدم التناقض من أجل S منته بفرض S مؤلفاً من عنصرين: $S = \{0,1\}$. ونأخذ الجداء والتتميم مساويين للجداء والتتميم العدديين (بالنسبة 1). نعرف $p(0,1) = 0$ ونضع في كل الحالات الأخرى $p(a,b) = 1$. وهذا ما يحقق كل الموضوعات.

لنعط، قبل أن نكرس أنفسنا للتفسير اللامنته العدود، تفسيرين منتهيين آخرين [286] لا يحقق هذا التفسيران نظمة موضوعاتنا وحسب ولكنهما يحققان أيضاً دعوى الوجود التالية (E).

(E) يوجد في S عناصر a، b، c بحيث يكون

$p(a,b) = 1$ و $p(a,bc) = 0$

ولدينا الدعوى المماثلة تماماً لها

(E') يوجد في S عنصر a يحقق

$$p(a) = p(a,\bar{a}) = p(\bar{a},a) = 0 \neq p(a,a) = 1$$

لا تصح هاتان الدعوتان في المثل الأول ولا يمكن تحققهما في أي نظمة احتمالات أعرفها (باستثناء بعض نظماتي الذاتية بطبيعة الحال).

يتألف المثل الأول الذي يحقق نظمتنا و(E) و(E') من أربعة عناصر $S = \{0,1,2,3\}$. نعرف ab بأنه أصغر العددين a وb إلا من أجل $1.2 = 2.1 = 0$. نعرف المتمم $\bar{a} = 3\text{-}a$ كما نعرف $p(a) = p(a,3) = 0$ كل مرة تكون فيها $a = 0$ أو $a = 1$، و$p(a) = p(a,3) = 1$ كل مرة تكون فيها $a = 2$ أو 3؛ $p(a,0) = 1$؛ $p(a,1) = 0$ إلا عندما تكون فيها $a = 1$ أو $a = 3$ وعندها تكون $p(a,1) = 1$. وفي الحالات الأخرى $p(a,b) = p(ab)/p(b)$. يمكن بالحدس مطابقة العنصر 1 بقانون عام احتماله المطلق يساوي الصفر والعنصر 2 بقانون نفي الوجود. نضع لتحقيق (E) $a = 2$، $b = 3$، $c = 1$. و(E') محققة لأن $a = 2$.

يمكن تمثيل المثل الموصوف هنا بالاستعانة «بالمصفوفتين» التاليتين. (أعتقد أن هونتينغتون كان أول من استعمل هذه الطريقة عام 1904).

ab	0	1	2	3	$\bar{a}$
0	0	0	0	0	3
1	0	1	0	1	2
2	0	0	2	2	1
3	0	1	2	3	0

p(a,b)	0	1	2	3
0	1	0	0	0
1	1	1	0	0
2	1	0	1	1
3	1	1	1	1

إن المثل الثاني تعميم للمثل الأول ويبين أن نطاق الأفكار التي تأسس المثل الأول عليها يمكن أن يمتد ليشمل عدداً من العناصر أكبر من أي عدد نريد شريطة أن تشكل هذه العناصر جبر بول ويعني هذا أن عدد العناصر يساوي 2^n. يمكن النظر إلى n هنا على أنه أصغر عدد للمناطق أو الصفوف المقصورة ـ التي تنفي إحداها الأخرى ـ التي يمكن أن ينقسم إليها حقل مفردات. يمكننا أن نلحق بكل صف من هذه الصفوف، وكما نشاء، كسراً موجباً $0 \leq r \leq 1$ كاحتمال مطلق له منتبهين إلى وجوب أن يكون مجموعها يساوي 1. ونلحق بكل مجموع جبري لبول المجموع [287] العددي لاحتمالات عناصر المجموع وبكل متمم بولي المتمم العددي بالنسبة لـ 1. ويمكننا أن ننسب إلى منطقة (أو صف) صغيرة واحدة أو أكثر (غير معدومة الإسهام) الاحتمال صفر. وإذا كانت b إحدى هذه المناطق (أو الصفوف) نضع $p(a,b) = 0$ في حال $ab = 0$؛ وإلا $p(a,b) = 1$. ونضع $p(a,0) = 1$. ونضع في كل الحالات الأخرى $p(a,b) = p(ab)/p(b)$. ومن الواضح أن (E) و(E') محققتان.

ولكي نبيّن أن نظمتنا غير متناقضة حتى في حالة كون S لامتنه عدود نختار التفسير التالي (وهو جدير بالاهتمام نظراً لعلاقته بالتفسير التواتري). ليكن S صف الكسور المنطقة ممثلة على شكل ثناوي؛ بحيث إذا كان a عنصراً من S فمن الممكن كتابته على شكل متتالية $a = a_1, a_2,...$ حيث a_i يساوي الصفر أو الواحد. ونفسر ab كمتتالية $ab = a_1b_1, a_2b_2,...$ بحيث $(ab)_i = a_ib_i$، و$\bar{a}$ كمتتالية $\bar{a} = 1\text{-}a_1, 1\text{-}a_2, ...$ بحيث $\bar{a}_i = 1\text{-}a_i$. ولكي نعرف $p(a,b)$ نستعين بالتعبير A_n المعرف على النحو التالي

$$A_n = \sum_n a_i$$

بحيث يكون لدينا

$$(AB)_n = \sum_n a_i b_i$$

ونعرف إضافة إلى ذلك الدالة المساعدة q:

إن $q(a_n,b_n) = 1$ على الدوام عندما تكون $B_n = 0$

و$q(a_n,b_n) = (AB)_n/B_n$ على الدوام عندما تكون $B_n \neq 0$

يمكننا الآن تعريف الاحتمال p

$$p(a,b) = \lim q(a_n,b_n)$$

وهذه النهاية موجودة من أجل كل العناصر a وb في S ومن السهل البرهان أنها تحقق كل موضوعاتنا[27].

ونكتفي بهذا القدر فيما يتعلق بعدم تناقض نظمة موضوعاتنا.

يمكننا للبرهان على استقلال $1A$ وضع $p(a,b) = 1$ من أجل كل a وb في S. تتحقق عندئذ كل الموضوعات ماعدا $1A$.

وسنقبل للبرهان على استقلال $2A$ تكون S من خمسة عناصر: $S = \{0,1,2,3,4\}$. نبرهن بسهولة أنه يجب أن يكون الجداء ab غير تبديلي ويمكن تعريفه كما يلي: $1.2 = 2$؛ $a3 = 3a = 0$ إذا كانت $a < 3$ وإلا فـ $a3 = 3a = 3$؛ أما في كل الحالات الأخرى بما فيها 2.1 فإن ab يساوي الحد الأدنى لـ (a,b) أي أصغر هذين الحدين a وb. نعرف أيضاً $\bar{a}=4-a$، باستثناء عندما تكون $a=2$ ففي هذه الحالة $\bar{a}=3$. ونحدد ما يلي: $p(a,0) = p(a,1) = 1$؛ [288] $p(0,2) = p(3,2) = 0$ وما عدا ذلك $p(a,2) = 1$؛ و$p(a,3) = p(a,4) = 0$ إذا كانت $a < 3$. وإلا فـ $p(a,3) = p(a,4) = 1$. يبرهن بسهولة أنه من أجل أي b تصح العلاقة $p(1,b) = p(2,b)$، بينما $p(0,1) = 1$ و$p(0,2) = 0$. وبهذا تتحقق كل الموضوعات (بما في ذلك المصادرة AP)[28] باستثناء $2A$.

يمكننا توضيح هذا التفسير بكتابة المصفوفة اللاتبديلية التالية

(27) انظر أيضاً الملحق السادس* من هذا الكتاب، النقطة 15.

(28) يحل هذا المثل (مصفوفة بخمسة عناصر) المعطى هنا للبرهان على استقلال 2A محل مصفوفة بثلاثة عناصر أعطيت في الطبعة الإنكليزية الأولى لهذا الكتاب وهي مصفوفة أعطيتها في نفس الوقت الذي أعطاها فيه الدكتور ج. أكاسي (J. Agassi). إلا أن هذه المصفوفة ذات العناصر الثلاثة لم تحقق المصادرة AP وأبقت المسألة مفتوحة عما إذا كانت 2A تشتق من النظمة الباقية بما فيها AP. يجيب المثل الحالي بلا. انظر أيضاً الإضافة في الصفحة 387 من هذا الكتاب.

ab	0	1	2	3	4	$\bar{a}$
0	0	0	0	0	0	4
1	0	1	2	0	1	3
2	0	1	2	0	2	3
3	0	0	0	3	3	1
4	0	1	2	3	4	0

$p(a,0) = p(a,1) = 1$

$p(0,2) = p(3,2) = 0$ وفيما عدا ذلك $p(a,2) = 1$

$p(a,3) = p(a,4) = 0$ عندما تكون $a < 3$

وإلا $p(a,3) = p(a,4) = 1$

سنفرض للبرهان على استقلال *3A* أن $S = \{0,1\}$، كما فعلنا في برهاننا الأول على عدم التناقض، وسنساوي بين الجداءات والمتممات المنطقية ونظائرها العددية. ونعرف $p(1,1) = 1$ و $p(a,b) = 0$ في كل الحالات الأخرى. وتصح عندئذٍ العلاقة $p(1,1) \neq p(0,0)$ وتصبح *3A* باطلة بينما تتحقق الموضوعات الأخرى (باستثناء *C* ص 373 حيث لا يوجد *3A*).

ولكي نبرهن على استقلال *1B* سنقبل أن $S = \{-1,0,+1\}$ ولنأخذ الجداء *ab* مساوياً للجداء الحسابي لـ *a* بـ *b*، $\bar{a} = -a$؛ و $p(a,b) = a.(1-|b|)$. وبهذا تتحقق كل الموضوعات باستثناء *1B* لأنه لا يصح إذا أخذنا $a = -1$، $b \neq +1$ و $c = 0$. ويمكن كتابة المصفوفتين على الشكل التالي:

ab	-1	0	+1	$\bar{a}$
-1	+1	0	-1	+1
0	0	0	0	0
+1	-1	0	+1	-1

p(a,b)	-1	0	+1
-1	0	-1	0
0	0	0	0
+1	0	+1	0

[289] يبرهن هذا المثل استقلال '4A أيضاً[29]. يقوم مثل آخر، يبرهن استقلال *1B* و'1B على السواء، على المصفوفة اللاتبديلية التالية:

(29) انظر الهامش رقم (14) أعلاه.

ab	0	1	2	$\bar{a}$
0	0	1	0	2
1	0	1	1	0
2	0	1	2	0

$p(0,2) = 0$

في كل الحالات الأخرى $p(a,b) = 1$

لا تصح $1B$ من أجل $a = 0$ و$b = 1$ و$c = 2$. (ولا تتحقق المصادرة AP؛ ويصبح تحققها ممكناً إذا ما وسعنا المصفوفة لتشمل خمسة عناصر كما في حال $2A$)(30).

سنقبل كي نبرهن أن $2B$ مستقلة نفس النظمة S التي أخذناها من أجل $3A$ ونعرف $p(0,1) = 0$؛ و$p(a,b) = 2$ في كل الحالات الأخرى. $2B$ لا تصح لأن $4 = p(1,1)\ p(1,1.1) \neq p(1.1,1) = 2$. وتبقى كل الموضوعات الأخرى محققة.

(نحصل على مثل آخر يبين استقلال $2B$ عندما ننطلق من لزوم $2B$ للبرهان على «$p(ba,c) \leq p(a,c)$» أي على الصيغة الثنوية لـ $1B$؛ مستخلصين من ذلك أنه بإمكاننا استعمال المثل الثاني المعطى لـ $1B$ على أن نغير فيه فقط قيمة 1.0 من 0 إلى 1 وقيمة 0.1 من 1 إلى 0. وكل شيء ما عدا ذلك يبقى دون تغيير. لا تصح $2B$ من أجل $a = 1$، $b = 0$ و$c = 2$).

ولكي نبرهن أخيراً أن $1C$ مستقلة نأخذ من جديد نفس النظمة S التي أخذناها من أجل $3A$ ونضع فيها $\bar{a} = a$. تفقد $1C$ صحتها عندما نضع $p(0,1) = 0$ و $p(a,b) = 1$ في كل الحالات الأخرى ذلك أن $p(1,1) \neq p(0,1)$. وتبقى الموضوعات الأخرى محققة.

وبهذا نختم براهين استقلال الموضوعات الفعالة.

أما في يخص الجزء غير الفعال من المصادرات فقد عرض برهان لاستقلال المصادرة 1 (كما ناقشت هذه المصادرة ص 363 أعلاه).

يتطلب الجزء غير الفعال من المصادرة 2 أن يكون $p(a,b)$ عدداً حقيقياً دوماً كل مرة تكون فيها a وb في S. ولكي نبرهن على استقلال هذا التطلب ـ الذي نرمز له اختصاراً «بالتطلب 2» ـ سندرس في البداية تأويلاً حسابياً بولياً لـ S.

(30) انظر الهامش رقم (28) أعلاه.

وسنفسر لهذا الغرض S كجبر لبول عدود على أقصى تقدير وغير حسابي (نوعاً ما كمجموعة من القضايا بحيث تكون «a»، «b» الخ أسماء قضايا متغيرة). ونتطلب:
عندما يكون x عدداً فإن «$\bar{x}$» يرمز إلى العدد «$-x$»، وعندما يكون x عنصر بول [290] (قضية نوعاً ما) فإن $\bar{x}$ هو المتمم البولي (النفي) لـ x. وعلى نفس الشكل نتطلب أن يكون للعمليات التالية «xy»، «$x+y$»، «$x \neq y$» المعنى الحسابي المعتاد عندما تكون x وy أعداداً ومعناها البولي المعروف عندما تكون x وy عناصر بولية. (عندما تكون x وy قضايا فيجب تفسير $x \leq y$ أن «x يتضمن منطقياً y»). لنتطلب أخيراً للبرهان على استقلال المصادرة 2 تفسير «$p(a,b)$» على أنه اسم آخر للعنصر البولي $a+\bar{b}$. تفقد عندئذٍ المصادرة 2 صحتها بينما تصبح $1A$، $2A$، $3A$ وكل الموضوعات والمصادرات الأخرى مبرهنات معروفة جيداً في جبر بول[31].

إن البرهان على استقلال الأجزاء الوجودية في المصادرتين 3 و4 تافه إلى حد ما. ندخل بداية نظمة مساعدة $S' = \{0,1,2,3\}$ ونعرف الجداء والمتمم والاحتمال المطلق بالاستعانة بالمصفوفة:

ab	0	1	2	3	$\bar{a}$	p(a)
0	0	0	0	0	3	0
1	0	1	0	1	2	0
2	0	0	2	2	1	1
3	0	1	2	3	0	1

ويعرف الاحتمال النسبي بـ

إن $p(a,b) = 0$ على الدوام إذا كان $p(a) \neq 1 = p(b)$

و $p(a,b) = 1$ في كل الحالات الأخرى

تحقق النظمة S' كل موضوعاتنا ومصادراتنا. ولكي نبرهن على استقلال الجزء الوجودي من المصادرة 3 نقصر S على العنصرين 1 و2 من S' ونبقي كل شيء آخر على حاله. واضح أن المصادرة 3 غير صحيحة لأن جداء العنصرين 1 و2

(31) يحول تعديل صغير في هذا التفسير كل الموضوعات إلى تحصيلات حاصل في حساب المنطوقات تحقق كل المصادرات ما عدا المصادرة 2.

ليس في S؛ وكل ما عدا ذلك صحيح. وبشكل مماثل نبيّن استقلال المصادرة 4 بقصرنا S على العنصرين 0 و1 من S'. (يمكننا اختيار العنصرين 2 و3 أو أي تركيب من ثلاثة عناصر من S' باستثناء التركيب 1، 2 و3).

[291] إن البرهان على استقلال المصادرة *AP* أكثر غثاثة: إنه بحاجة فقط إلى إعطاء S و$p(a,b)$ المعنى الذي أخذاها في البرهان الأول على عدم التناقض ووضع ثابتة = $p(a)$ (ثابتة مثل 0، 1/2 أو 1 أو 2) ونحصل هكذا على تأويل لا تصح فيه *AP*.

وهكذا نكون قد برهنا أن كل دعوى منفردة أثبتناها في نظمتنا مستقلة؛ (لم ينشر على علمي حتى الآن أي برهان على استقلال موضوعات النظمات الاحتمالية. وفي ظني أن ذلك يعود إلى أن النظمات المعروفة ـ شريطة أن تكون محققة ـ ليست مستقلة).

تكمن عدم استقلالية النظمات المعتادة (فيضها عن الحاجة) في تطلبها الصريح أو الضمني صلاحية كل أو بعض قواعد جبر بول لعناصر النظمة S؛ وهي قواعد، كما سنبيّن ذلك في آخر الملحق الخامس*، تشتق كلها من نظمتنا إذا ما عرفنا تطابق بول «$a=b$» بالصيغة التالية[32]:

(*) إن $a = b$، في حالة واحدة فقط، عندما $p(a,c) = p(b,c)$ من أجل كل c في S.

يمكن طرح السؤال هل تصبح موضوعة من موضوعاتنا فائضة عن الحاجة إذا سلمنا أن ab هو جداء بول وأن $\bar{a}$ هو المتمم البولي كذلك، وأن كلاهما يحقق كل قوانين جبر بول وأن (*) صحيحة؟ والجواب: لا لن تكون أي موضوعة من موضوعاتنا فائضة عن الحاجة (باستثناء الموضوعة المعدلة *1B'*). تصبح *2A* فائضة عن الحاجة في حالة واحدة فقط إذا سلمنا أنه يمكن استبدال أي عنصرين من جبر بول، برهن على تكافئهما، أحدهما بالآخر في الدليل الثاني للدالة p، لأن الغرض من *2A* هو تحقيق هذه المسلمة الإضافية. تبقى الموضوعات الأخرى من غير إطناب لأننا نرى بسهولة أن استقلالها (باستثناء *2A* طبعاً) يبرهن بالاستعانة بأمثلة تخضع لجبر بول. لقد أعطيت فيما سلف أمثلة من هذا القبيل من أجل كل الموضوعات باستثناء *1B* و*1C*. وإليكم مثلاً على جبر بول يبيّن استقلال *1B* و*1C* (و *4A'*). والمثل أساساً هو المصفوفة المشار إليها أعلاه:

---

(32) انظر ص 363، و370 أعلاه، و (1D) ص 397 أسفله.

ab	-1	0	1	2	$\bar{a}$
-1	-1	0	-1	0	2
0	0	0	0	0	1
1	-1	0	1	2	0
2	0	0	2	2	-1

$1B$ (و $4A'$): $p(a) = a ; p(a,0) = 1$

في كل الحالات الأخرى: $p(a,b) = p(ab)/p(b) = ab/b$

$1C$ $\quad p(a,b) = 0$ عندما $ab = 0 \neq b$

وفي كل الحالات الأخرى: $p(a,b) = 1$

[292] $1B$ منقوضة لأن $2 = p(1.2,1) > p(1,1) > 1$

$1C$ منقوضة لأن $p(2,1) + p(\bar{2},1) = 2$

رغم أن $p(0,1) = p(1,1)$

نعبر عن بقاء نظمتنا مستقلة حتى في حال تسليمنا بجبر بول وبالعلاقة (*) بقولنا أن النظمة مستقلة «ذاتياً». إن النظمة تتوقف عن كونها مستقلة ذاتياً عندما نستبدل الموضوعة $1B$ بـ $4A'$ و$1B'$[33]. والاستقلال الذاتي خاصة مفيدة (ومرغوب فيها) في النظمات الموضوعاتية لحساب الاحتمال[34].

أود في الختام تعريف مفهومي «النظمة المقبولة» S و«حقل الاحتمالات لبوريل» مستعيناً باصطلاح الاحتمالات الذاتي. كان كولموغوروف أول من استعمل عبارة المفهوم الثاني ومع ذلك فإني سأستعملها بمعنى أوسع. وأود أن أناقش بشيء من التفصيل الفرق بين معالجة كولموغوروف للمسألة ومعالجتي لها لأن هذا النوع من النقاش مليء بالدروس على ما يبدو لي.

أعرف في البدء من وجهة النظر الاحتمالية ما أقصده عندما أقول أن a هو

---

(33) انظر الهامش رقم (14) أعلاه.

(34) ناقشنا أعلاه تطلباً أقوى من الاستقلال الذاتي. آلا وهو تطلب «المترية الكلية» للنظمة. (انظر ص 366-368 من هذا الكتاب). نتعرف على استقلال 1C بواسطة جبر بول آخر يوجد في عملي في: *Synthese*, 15 (1963), p. 176.

(تنقص إشارة النفي عن آخر «a» في السطر العاشر من الأسفل).

عنصر أعلى من b (أنه أوسع من b أو مساوٍ له) أو أن b عنصر جزئي من a (وأنه أقوى منطقياً أو مساوٍ لـ a). وهذا نص التعريف[35].

إن a عنصر أعلى من b أو إن b عنصر جزئي من a ـ وبالرمز $a \geq b$ ـ إذا وفقط إذا كان $p(a,x) \geq p(b,x)$ من أجل كل x في S.

وأعرف الآن ما أقصده بالعنصر الجداء a للمتتالية اللامنتهية $A = a_1, a_2,...$ التي تقع كل حدودها a_n في S.

لتكن بعض عناصر S أو كل هذه العناصر إذا أردنا قد رتبت في متتالية لامنتهية $A = a_1, a_2,...$ بحيث يتكرر ورود أي عنصر من S في هذه المتتالية. لتكن S مؤلفة من العنصرين 0 و1 على سبيل المثال. إن كلا من المتتاليتين $A = 0,1,0,1...$ و$B = 0,0,0...$ متتالية لامنتهية بالمعنى المراد هنا. إلا أن الحالة الأهم هي بطبيعة الحال حالة متتالية A كل حدودها أو معظمها عناصر مختلفة من S التي تحتوي والحال هذه على عدد لامنته من العناصر.

هناك حالة خاصة مهمة وهي حالة متتالية متناقصة (أو على وجه الدقة غير متزايدة) لامنتهية أي $A = a_1, a_2,...$ بحيث يكون $a_n \geq a_{n+1}$ من أجل أي حدين متتاليين من A.

[293] يمكننا تعريف العنصر الجداء a (بمعنى جبر بول وليس بمعنى نظرية المجموعات) للمتتالية اللامنتهية $A = a_1, a_2,...$ بأنه الأوسع من عناصر S التي هي عنصر جزئي من كل حد a_n من المتتالية أو بالاصطلاح الاحتمالي: $a = \pi\ a_n$ إذا وفقط إذا حقق a الشطرين التاليين

(I) $p(a_n,x) \geq p(a,x)$ من أجل كل العناصر a_n من A ومن أجل كل عنصر x من S.

(II) $p(a,x) \geq p(b,x)$ من أجل كل العناصر x من S ومن أجل كل عنصر b من S يحقق الشرط التالي: $p(a_n,y) \geq p(b,y)$ من أجل كل العناصر a_n ومن أجل كل عنصر y من S.

(35) إضافة إلى ذلك، انظر الملحق الخامس*، الصيغة 3D، ص 399 من هذا الكتاب.

ولكي نبيّن الفرق بين العنصر الجداء (البولي) a لـ A الذي أعطيناه وبين الجداء (الداخلي) لـ A في نظرية المجموعات فإننا سنقصر نقاشنا على أمثلة S تحقق مصادراتنا 2 إلى 5 وتكون عناصرها مجموعات x، y، z . . . جداؤها xy هو جداء مجموعات.

ومثلنا الأساسي S_1 والذي أسميه «مثل» «أنصاف المجالات الناقصة» هو التالي: S_1 هو نظمة أنصاف مجالات جزئية مفتوحة معينة من المجال العام $u = (0,1]$. S_1 يحتوي على وجه التحديد على (a) المتتالية المتناقصة A حيث $a_n = (0, \frac{1}{2} + 2^{-n}]$ ويحتوي كذلك (b) على جداء عنصرين من عناصره وعلى متمم أي عنصر من عناصره بمعنى نظرية المجموعات (المجموعاتي).

لا يحتوي S_1 على نصف المجال $h = (0, \frac{1}{2}]$ كما لا يحتوي على أي مجال جزئي من h.

ولما كان «المجال الناقص» $h = (0, \frac{1}{2}]$ هو الجداء (المجموعاتي) للمتتالية A فإن S_1 لا يحتوي على هذا الجداء وضوحاً. ومع ذلك يحتوي S_1 على «عنصر جداء» (بولي) لـ A كما عرف هنا. لأن المجال الخالي يحقق طبعا الشرط (I)، وبما أنه أوسع المجالات التي تحقق (I) فإنه يحقق (II) أيضاً.

زيادة على هذا فمن الواضح أن ما يلي صحيح: عندما نضيف إلى S_1 أياً من المجالات [$b_1 = (0, \frac{1}{8}]$ أو $b_2 = (0, \frac{3}{16}]$ الخ. فيصبح عندئذٍ أكبرها العنصر الجداء لـ A بالمعنى (البولي) لتعريفنا إلا أنه لن يصبح أي منها الجداء المجموعاتي لـ A.

[294] وقد يخطر على البال أنه ما دام هناك عنصر خال في كل S فستحتوي كل S على الدوام على عنصر جداء (بالمعنى الذي عرفناه به) من أجل كل A في S؛ لأنه إذا كان S لا يحتوي على أوسع عنصر يحقق الشرط (I) فإن باستطاعة العنصر الخالي نجدتنا. يبين المثل الثاني S_2 أن هذا ليس صحيحاً وهو الذي يحتوي بالإضافة إلى عناصر S_1 عناصر المتتالية $B = b_1, b_2, ...$ (كما يحتوي على الجداء المجموعاتي لأي عنصرين من عناصرها وكذا على المتمم المجموعاتي لكل عنصر فيها) حيث $b_n = (0, (2^n-1)/2^{n+2}]$. نرى بسهولة أنه على الرغم من أن كل b_n يحقق الشرط (I) من أجل العنصر الجداء لـ A فلا يحقق أي منها الشرط (II). وهكذا فالواقع أنه لا يوجد في S_2 بأي حال العنصر الأوسع الذي يحقق الشرط (I) من أجل العنصر الجداء لـ A.

إن S_2 لا يحتوي والحال هذه الجداء المجموعاتي لـ A كما لا يحتوي

العنصر الجداء بمعنانا نحن (البولي). إلا أن S_1 وكل النظمات التي نحصل عليها بإضافة عدد منته من المجالات الجديدة (زائد الجداءات والمتممات) إلى S_1 ستحتوي على عنصر جداء لـ A بمعنانا نحن (البولي) ولكن ليس بالمعنى المجموعاتي إلا إذا أضفنا إلى S_1 نصف المجال الناقص $h = (0, \frac{1}{2}]$.

والآن نستطيع تعريف «النظمة المقبولة» و«حقل احتمالات بوريل» على النحو التالي.

(I) نقول عن نظمة S تحقق مصادراتنا 2 إلى 4 إنها نظمة مقبولة إذا وفقط إذا حققت S إضافة إلى مصادراتنا الشرط المعرف التالي:

لتكن $bA = a_1b, a_2b,...$ متتالية متناقصة لا على التعيين من عناصر في S. (ونقول في هذه الحالة أن $A = a_1, a_2,...$ «متناقصة نسبة إلى b»). وبفرض أن العنصر الجداء ab لهذه المتتالية هو في S[36] فيصح عندئذٍ

$$\lim p(a_n,b) = p(a,b)$$

[295] (II) نقول عن نظمة مقبولة إنها حقل احتمالات بوريللي إذا وفقط إذا كان S يحتوي على عنصر جداء من أجل أي متتالية متناقصة من عناصر S (سواء كان هذا التناقص مطلقاً أو نسبياً) يقابل (I)، من بين هذين التعريفين، ما يسمى «بمجموعة الاستمرار» لكولموغوروف بينما يلعب (II) في نظمتنا دوراً لا يقل أهمية عن الدور الذي يلعبه تعريف حقل الاحتمالات لبوريل في نظمة كولموغوروف ولكنه لا يقابله تماماً.

ويمكن البرهان الآن أنه: عندما يكون S حقل احتمالات بمعنى كولموغوروف فهو على الدوام أيضاً حقل احتمالات بالمعنى المعرف هنا. وبهذا يكون الاحتمال دالة قياس جمعية وعدوده للمجموعات التي هي عناصر في S.

لقد بنيت تعريفاتنا للنظمات المقبولة ولحقول الاحتمالات البوريللية بحيث

---

(36) كان يمكنني أن أضيف هنا «وإذا كان $p(\overline{ab}, ab) \neq 0$ بحيث يكون ab خالياً»: مما كان سيقرب صياغتي أكثر فأكثر من صياغة كولموغروف. إلا أن هذا الشرط ليس ضرورياً. أريد أن أشير هنا إلى الدعم الكبير لآمالي الذي لقيته في عمل آ. رينيس (A. Rényis) الكبير الأهمية: A. Rényis, «On a New Axiomatic Theory of Probability,» *Acta Mathematica Acad. Scient. Hungaricae*, 6 (1955), pp. 286-335.

على الرغم من أنه قد اتضح لي منذ سنين عديدة أنه من الضروري جعل نظمة كولموغوروف نسبية ومن كوني قد أشرت في مناسبات عديدة إلى الميزات الرياضية لنظمة نسبية فإن عمل رينيس قد بين لي مدى جدوى هذا التنسيب.

تكون كل النظمات S التي تحقق مصادارتنا والتي لا تحتوي إلا على عدد منته من العناصر المختلفة نظمات مقبولة وحقولاً بوريللية. وعلى هذا فإن تعريفينا لا يكتسيان أهمية إلا عندما يتعلق الأمر بنظمات تحتوي على عدد لامنته من العناصر المختلفة. وهي نظمات قد تحقق أو لا تحقق أحد شرطينا المعرفين أو الشرطين معاً. وبتعبير آخر لا إطناب في شروطنا المعرفة عندما يتعلق الأمر بنظمات لامنتهية وهي بالتالي شروط مستقلة.

يبرهن بسهولة على عدم الإطناب في الحالة (I) باستخدام العلاقة المشار إليها في الهامش رقم (36) ـ وهي شكل من أشكال (I) ـ في مثل أنصاف المجالات المتناقصة (S_1) المعطى أعلاه. وكل ما علينا فعله هو تعريف الاحتمال $p(x)$ بأنه $\ell(x)$، طول المجال x. ينقض هذا تعريفنا (I) لأن $p(a_n) = \frac{1}{2}$ بينما $p(a) = 0$ من أجل العنصر الجداء (في S) لـ A. أما التعريف (II) فينقضه المثل S_2 (وهو الذي يحقق التعريف الأول نظراً لعدم صحة المقدم أي أنه تحقق خالي).

وفيما يبرهن مثلنا الأول على استقلال تعريفنا الأول أو على الأصح على عدم إطنابه ـ وذلك بنقضه ـ فإنه لا يبرهن، في هذا الشكل، على استقلال «موضوعة الاستمرار» لكولموغوروف وهي موضوعة محققة بوضوح في مثلنا. لأنه سواء كان نصف المجال المتناقص $[h = (0, \frac{1}{2}]$ في S أو لم يكن فإن h، وفي كل الأحوال، هو الجداء المجموعاتي لـ A أي أن $a = h$ بالنسبة للنظري في نظرية المجموعات سواء كان a في S أم لا. ويصح، في حالة $a = h$، $p(a_n) = p(a)$. وبالتالي فإن موضوعة كولموغوروف محققة (حتى ولو أهملنا الشرط $p(\bar{a},a) \neq 0$)[37].

[296] وتجدر الإشارة في هذا السياق إلى أن كولموغوروف لم يعط في كتابه أي برهان على استقلال «موضوعة الاستمرار» عنده رغم دعواه بهذا الاستقلال. إلا أنه من الممكن تحويل برهاننا على الاستقلال ليطبق على موضوعة كولموغوروف وعلى إجراءاته المجموعاتية. يتحقق ذلك بأن نختار بدلاً عن النظمة S_1 نظمة مجالات S_3، لا تختلف عن S_1 إلا بكونها مبنية على متتالية $C = c_1, c_2, \ldots$ حيث $c_n = (0, 2^{-n}]$ وليس على المتتالية $A = a_1, a_2, \ldots$ حيث $a_n = (0, \frac{1}{2} + 2^{-n}]$. نستطيع الآن أن نبيّن استقلال موضوعة كولموغوروف بأن نعرف احتمال عناصر المتتالية A كما يلي:

$$p(c_n) = \ell(c_n) + \frac{1}{2} = p(a_n)$$

(37) انظر الهامش رقم (36) أعلاه.

حيث $\ell(c_n)$ طول المجال c_n. وهذا التعريف أبعد ما يكون عن البداهة لأنه يعزو على سبيل المثال الاحتمال واحد لكل من المجالين $[0,\frac{1}{2})$ و$[0,1]$ وبالتالي الاحتمال صفر للمجال $(\frac{1}{2},1]$. وكون هذا المثال ينقض موضوعة كولموغوروف (مبرهناً بذلك على استقلالها) مرتبط ارتباطاً وثيقاً بطابعه البعيد من البداهة. وهو ينقض الموضوعة لأن $\lim p(c_n) = \frac{1}{2}$ مع أن $p(c) = 0$. ونظراً لهذا الطابع البعيد عن البداهة فإن عدم تناقض هذا المثال ليس جلياً، ولا بد إذن من البرهان عليه إذا ما أردنا إثبات صحة البرهان على استقلال موضوعة كولموغوروف دون أي اعتراض منطقي.

إن البرهان على عدم التناقض سهل إذا نظرنا إلى برهاننا على الاستقلال السابق ـ البرهان على استقلال تعريفنا الأول بالاستعانة بالمثل S_1. لأن الاحتمالين $p(c_n)$ و$p(a_n)$ متطابقان. وبما أننا نستطيع بربط المتتاليتين A وC ببعضهما إقامة تقابل، واحد لواحد، بين عناصر S_1 وعناصر S_3 فإن اتساق S_1 يبرهن على اتساق S_3.

وواضح أن كل مثل يبرهن على استقلال موضوعة كولموغوروف هو بعيد عن البداهة بقدر المثل السابق ويجب بالتالي البرهان على اتساقه باللجوء إلى أي طريقة مماثلة للطرق التي اتبعناها. وبتعبير آخر يجب للبرهان على استقلال موضوعة كولموغوروف استعمال مثل يعتمد أساساً على تعريف (بولي) للجداء، كما هو الحال عندنا، وليس على تعريف مجموعاتي. [297]

وعلى الرغم أن كل حقل احتمالات بوريللي بالمعنى الذي يعطيه كولموغوروف هو أيضاً حقل احتمالات بوريللي بالمعنى الذي نعطيه فالعكس ليس صحيحاً. لأن باستطاعتنا إنشاء نظمة S_4 تقابل تماماً S_1 ولكن ينقصها $h = (a,\frac{1}{2}]$ وتحتوي بدلاً عنه المجال المفتوح $g = (a,\frac{1}{2})$ مع $p(g) = \frac{1}{2}$. سنعرف بشكل اعتباطي نوعاً ما $u\text{-}(g+\bar{g}) = u\bar{u}$ و $\bar{g} = u\text{-}g = (\frac{1}{2},1]$ (بدلاً عن النقطة $\frac{1}{2}$). نرى بسهولة أن S_4 هو حقل بوريللي بمعنانا وg عنصر جداء لـ A. ولكن S_4 ليس حقلاً بوريللياً بمعنى كولموغوروف لأنه لا يحتوي على الجداء المجموعاتي لـ A: يتيح تعريفنا إعطاء تفسير بواسطة نظمة مجموعات لا تشكل نظمة مجموعات بوريللية ولا يتطابق الجداء والمتمم فيها تطابقاً تاماً مع الجداء والمتمم المجموعاتي. وهكذا فتعريفنا أعم من تعريف كولموغوروف.

يلقي برهاننا على استقلال (I) و(II) بعض الأضواء ـ على ما يبدو لي ـ على الدالات التي تحقق (I) و(II). فعلى دالة (I) استثناء النظمات مثل S_1 كي تضمن

ملاءمة الجداء (أو القيمة الحدية) في متتالية متناقصة من وجهة نظر نظرية القياس: يجب أن تكون القيمة الحدية للقياس مساوية لقياس القيمة الحدية. وعلى دالة (*II*) استثناء النظمات مثل S_2 مع متتاليات متزايدة من غير قيم حدية: وهذا يضمن أن لكل متتالية متناقصة جداء في S ولكل متتالية متزايدة مجموع.

إضافة (1983). اعتبر في الوقت الراهن، من بين الصيغ المختلفة للموضوعة $2A$[38] بالسليقة الصيغة التالية أكثرها جاذبية:

$$((a)\ p(a,b) \leq p(a,c)) \leftrightarrow ((a)\ p(a,a) \leq p(b,c) \leq p(c,b)) \quad 2,3A$$

وهي طريقة كتابة أخرى (موجودة ص 389) لـ $2A + 3$ في الصفحة 366. ميزتها أن وظيفة الموضوعة تبدو للعيان من الوهلة الأولى: فهي تحدد الشروط التي يحق لنا فيها تبديل b وc أحدهما بالآخر عندما يقعان كدليل ثانٍ (أي بعد الفاصلة). نحصل على $3A$ عندما نبدل في $2,3A$ c بـ b (أو بـ c/b).

(38) انظر الصفحات 360، 364-367، و389 من هذا الكتاب.



[298]

الملحق الخامس*

اشتقاقات نظرية الاحتمالات الصورية

سأشرح في هذا الملحق أهم الاشتقاقات التي نحصل عليها من نظمة المصادرات المعروضة في الملحق الرابع*. وسأبين كيف يمكننا الحصول على قوانين الحد الأعلى والحد الأدنى، وتطابق القوة، والتبديل والتجميع والتوزيع وكذا على أبسط تعريف للاحتمال المطلق. وسأبيّن أيضاً كيف يمكن اشتقاق جبر بول في النظمة[1].

سأكتب اختصاراً C عوضاً من $1C$ ص 361. وكاختصار «إذا . . . فإن» سأستعمل السهم → وسأستعمل السهمين ↔ لـ إذا وفقط إذا فإن؛ و& عوضاً من «و» و«$Ea...$» عوضاً من «يوجد في S عنصر a بحيث» و. . . (a) عوضاً من «من أجل كل a في S. . .».

وأعطي بداية مرة أخرى المصادرة 2 والموضوعات المترية الستة التي سنستشهد بها في البراهين. (أما المصادرات الأخرى فستستعمل ضمنياً؛ والمصادرة 2 لن ترد إلا في البرهان على 5). يسهل فهم $3A$ وC على نحو أفضل عندما نقرر سلفاً صحة $p(a,a) = 1 = p(b,b)$ وهو ما تبرهن عليه الصيغة 23.

المصادرة 2. إذا كان a وb في S فإن $p(a,b)$ عدد حقيقي

$$(Ea)\ (Eb)\ p(a,a) \neq p(a,b) \qquad 1A$$

$$((a)\ p(a,a) \leq p(b,c) \leq p(c,b)) \rightarrow ((a)\ p(a,b) \leq p(a,c)) \qquad 2A$$ [2]

(1) انظر: *Synthese*: 15 (1963), pp. 167-186, and 21 (1970), p. 107.

(2) كتبت في الطبعتين الثانية والثالثة 2A: $((c))\ p(a,c) = p(b,c)) \rightarrow p(d,a) = p(d,b)$. وطريقتا الكتابة متكافئتان كما يبيّن المنطق البدائي. انظر الإضافة (1983) ص 387 من هذا الكتاب.

3A	$p(a,a) \leq p(b,b)$
1B	$p(ab,c) \leq p(a,c)$
2B	$p(ab,c) = p(a,bc)p(b,c)$
C	[3] $p(a,a) \neq p(b,c) \rightarrow p(a,a) = p(a,c) + p(\bar{a},c)$

والآن سأكرس نفسي للاشتقاقات.

(1)	$p(a,a) = p(b,b) = k$	اختصار يعتمد على 3A
(2)	$p((aa)a,a) \leq p(aa,a) \leq p(a,a) = k$	1، 1B
(3)	$p((aa)a,a) = p(aa,aa)\ p(a,a) = k^2$	1، 2B
(4)	$k^2 \leq k$	1، 3، 2
(5)	$0 \leq k \leq 1$	4 (والمصادرة 2)
(6)	$k \neq p(a,b) \rightarrow k = k + p(\bar{b},b)$	1، C
(7)	$k \neq p(a,b) \rightarrow p(\bar{b},b) = 0$	6
(8)	$(a\bar{b},b) = p(a,\bar{b}b)p(\bar{b},b)$	2B
(9)	$k \neq p(a,b) \rightarrow 0 = p(a\bar{b},b) \leq p(a,b)$	1B، 8، 7
(10)	$k \neq p(a,b) \rightarrow 0 \leq p(a,b)$	9
(11)	$k = p(a,b) \rightarrow 0 \leq p(a,b)$	5
(12)	$0 \leq p(a,b)$	11، 10
(13)	$0 \leq p(\bar{a},b)$	12
(14)	$k \neq p(a,b) \rightarrow k \geq p(a,b)$	13، 1، C
(15)	$p(a,b) \leq k \leq 1$	5، 14
(16)	$0 \leq p(a,b) \leq k \leq 1$	15، 12
(17)	$k = p(aa,aa) \leq p(a,aa) \leq k$	15، 1B، 1
(18)	$k = p(a(aa),a(aa)) \leq p(a,a(aa)) \leq k$	15، 1B، 1
(19)	$k = p(aa,aa) = p(a,a(aa))p(a,aa) = k^2$	18، 17، 2B، 1
(20)	$k = k^2$	19
(21)	$(Ea)\ (Eb)\ p(a,b) \neq 0 \rightarrow k = 1$	20، 16
(22)	$(Eb)\ (Ea)\ p(b,a) \neq 0$	1A

[299]

(3) انظر 1C، ص 361 من هذا الكتاب.

22 ،21 ،1 $p(a,a) = 1 = p(b,b)$ (23)

1 ،1A $(Ea)\ (Eb)\ p(a,b) \neq k$ (24)

24 ،7 $(Ea)p(\bar{a},a) = 0$ (25)

لقـد برهنا الآن على كـل قوانين الحد الأعلى والحد الأدنى: تبيّن (12) و(15) التـي يجمعها (16) أن الاحتمالات محددة بين 0 و1. تبيّن (23) و(25) أنه يمكن في الواقع بلوغ هذين الحدين

16 $0 \leq p(a,bc) \leq 1$ (26)

26 ،2B $p(ab,c) \leq p(b,c)$ (27)

وهو قانون الرتابة الثاني ؛ ويماثل *1B*

15 ،27 ،23 $1 = p(ba,ba) \leq p(a,ba) = 1$ (28)

28 ،2B $p(ab,a) = p(b,a)$ (29)

وهذا شكل من أشكال «قانون الإطناب»[4].

نكرس أنفسنا الآن لاشتقاق القوانين «الجبرية» («الجبرية» لتمييزها عن «المترية») المأخوذة عادة من جبر بول[5].

15 ،1B ،23 $1 = p(ab,ab) \leq p(a,ab) = 1$ (30)

2B $p(aa,b) = p(a,ab)p(a,b)$ (31)

31 ،30 $p(aa,b) = p(a,b)$ (32)

هذا هو قانون تطابق القوة المسمى أحياناً «قانون تحصيل الحاصل» أو «قانون بول». ولنلتفت الآن إلى اشتقاق قانون التبديل.

[300] 23 $p(a(bc), a(bc)) = 1$ (33)

15 ،27 ،33 $p(bc,a(bc)) = 1$ (34)

15 ،1B ،34 $p(b,a(bc)) = 1$ (35)

2B ،35 $p(ba,bc) = p(a,bc)$ (36)

2B ،36 $p((ba)b,c) = p(ab,c)$ (37)

---

(4) انظر الصيغتين $29'$ و 29^+ في الهامش رقم (7)، ص 394 من هذا الكتاب.

(5) انظر ص 308 وما بعدها من هذا الكتاب.

(38)	$p(ba,c) \geq p(ab,c)$	37، 1B
(39)	$p(ab,c) \geq p(ba,c)$	38 (استعاضة)
(40)	$p(ab,c) = p(ba,c)$	38، 39

هذا هو قانون التبديل من أجل الدليل الأول. (علينا، لتمديده على الدليل الثاني استعمال *2A*). لم يستعمل في اشتقاقه من (23) إلا قانونا الرتابة (*1B* و27) و*2B*. ولنلتفت الآن إلى اشتقاق قانون التجميع

(41)	$p(ab,d((ab)c)) = 1$	35 (استعاضة)
(42)	$p(a,d((ab)c)) = 1 = p(b,d((ab)c))$	41، 1B، 15، 27
(43)	$p(a,(bc((ab)c)) = 1$	42 (استعاضة)
(44)	$p(a(bc),(ab)c) = p(bc,(ab)c)$	43، 2B
(45)	$p(bc,(ab)c) = p(b,c((ab)c))p(c,(ab)c)$	2B
(46)	$p(b,c((ab)c)) = 1$	42 (استعاضة)
(47)	$p(c,(ab)c) = 1$	23، 27، 15
(48)	$p(a(bc),(ab)c) = 1$	44، إلى 47

هـذا هو شكـل أولي لقانـون التجميع. تنتج (62) منه استناداً على *2A* (و*2B*). ومع ذلك فإني أتجنب كلما أمكن ذلك استعمال *2A* أو $2A^+$.

(49)	$p(a(b(cd)),d) = p(cd,b(ad))p(b,ad)p(a,d)$	40، 2B
(50)	$p(a(bc),d) = p(c,b(ad))p(b,ad)p(a,d)$	40، 2B
(51)	$p(a(bc),d) \geq p(a(b(cd)),d)$	49، 50، 1B

وهذا إلى حد ما تعميم ضعيف لقانون الرتابة الأول *1B*

(52)	$p(a(b(cd))d), (ab)(cd)) = 1$	48 (استعاضة)
(53)	$p((a(b(cd))(ab),cd) = p(ab,cd)$	52، 2B
(54)	$p(a(b(cd)),cd) \geq p(ab,cd)$	53، 1B
(55)	$p((a(b(cd)))c,d) \geq p((ab)c,d)$	54، 2B
(56)	$p((a(b(cd)),d) \geq p((ab)c,d)$	55، 1B
(57)	$p(a(bc),d) \geq p((ab)c,d)$	51، 56

هذا هو نصف قانون التجميع.

(58)	$p((bc)a,d) \geq p((ab)c,d)$	57، 40
(59)	$p((ab)c,d) \geq p(b(ca),d)$	58 (استعاضة)، 40
(60)	$p((bc)a,d) \geq p(b(ca),d)$	58، 59
(61)	$p((ab)c,d) \geq p(a(bc),d)$	60 (استعاضة) [301]

وهذا هو النصف الثاني لقانون التجميع.

(62)	$p((ab)c,d) = p(a(bc),d)$	57، 61

وهو الشكل التام لقانون التجميع من أجل الدليل الأول[6]. نحصل على القانون من أجل الدليل الثاني بتطبيق *2A*. (يقود تطبيق *2B* مرتين على طرفي (62) إلى شكل شرطي فقط مع «$p(bc,\bar{d}) \neq 0 \rightarrow$» كمقدمة (كعنصر شرطي).

لنعمم الآن موضوعة الإتمام *C*. وسنختصر من الآن فصاعداً الاشتقاقات

(63)	$p(\bar{b},b) \neq 0 \leftrightarrow (a)p(a,b) = 1$	7، 25
(64)	$p(a,b) + p(\bar{a},b) = 1 + p(\bar{b},b)$	C، 23، 63

هذا شكل غير شرطي لموضوعة الإتمام *C* أعممه الآن.

بما أن (64) ليست شرطية وأن «*a*» غير موجودة على الطرف الأيمن فبإمكاننا وضع *c* بدلاً من *a* وكتابة

(65)	$p(a,b) + p(\bar{a},b) = p(c,b) + p(\bar{c},d)$	64
(66)	$p(a,bd) + p(\bar{a},bd) = p(c,bd) + p(\bar{c},bd)$	65

نحصل بالضرب بـ $p(b,d)$

(67)	$p(ab,d) + p(\bar{a}b,d) = p(cb,d) + p(\bar{c}b,d)$	66، 2B

وهذا تعميم لـ (65) وبالتبديل

(68)	$p(ab,c) + p(\bar{a}b,c) = p(cb,c) + p(\bar{c}b,c)$	67

(6) انظر أيضاً الصيغة (g)، ص 357 في الملحق الرابع* من هذا الكتاب.

ونظراً لأن

(69) $p(\bar{c}b,c) = p(\bar{c},c)$ 7، 1B، 23، 63

فبإمكاننا كتابة (68) على شكل مختصر على نحو مماثل لـ (64'):

(70) $p(ab,c) + p(\bar{a}b,c) = p(b,c) + p(\bar{c},c)$ 68، 69، 29

وهذا هو تعميم الشكل غير الشرطي لـ C أي للصيغة (64)(7)

[302] (71) $p(aa,b) + p(\bar{a}a,b) = p(a,b) + p(\bar{b},b)$ 70

(72) $p(\bar{a}a,b) = p(a\bar{a},b) = p(\bar{b},b)$ 40، 71، 32

(73) $p(\bar{a}a, b) + p(\overline{\bar{a}a}, b) = p(a\bar{a}, b) + p(\overline{a\bar{a}}, b) = 1 + p(\bar{b}, b)$ 64

(74) $p(\overline{\bar{a}a}, b) = 1 = p(\overline{a\bar{a}}, b)$ 72، 73

وبهذا نكون قد برهنا أن شرط المصادرة AP محقق عندما نضع $b = \overline{a\bar{a}}$. ونحصل بالتالي

(75) $p(a) = p(a, \overline{a\bar{a}}) = p(a, \overline{\bar{a}a}) = p(a, \overline{b\bar{b}}) = p(a, \overline{\bar{b}b})$ AP، 75، 23

---

(7) نحتاج لاشتقاق (70) الصيغة (29) على الشكل

$p(cb,c) = p(b,c)$ (29) (الاستعاضة)

نطبق الآن (40) على هذه الصيغة بحيث نحصل

(29') $p(ab,b) = p(a,b)$ 29 ، 40

وهي شكل آخر لقانون الإطناب، الذي يكتب في شكله الأكثر عمومية

(+29) $p(ab,c) = p(a,c)$ ومنه $p(b,c) = 1 \rightarrow p(a\bar{b},c) = p(\bar{c},c)$ 64، 70، 40

يمكننا هنا أيضاً سرد قانون تطابق القوة من أجل الدليل الثاني

(30') $p(ab,b) = p(a,bb) = p(a,b)$ 2B، 23، 29'

ونحصل إضافة إلى ذلك من (30) بالتبديل

(31') $p(a,a) = 1$ 30

وعلى نفس النحو من (28)

(32') $p(\bar{a},a\bar{a}) = 1$ 28

وهذا يعطي

(33') $(a)\ p(a,\bar{b}b) = 1$ 31'، 32'

ومنه لدينا

(34') $(Eb)(a)p(a,b) = 1$ 33'

(35') $(Ea)p(\bar{a},a) = 1$ 34'

انظر أيضاً (25). توجد الصيغ (31') إلى (35') من بين المبرهنات في النظمات العادية.

أي على تعريف للاحتمال المطلق أسهل استعمالاً.

لنشتق الآن قانون الجمع العام

40 ،70	$p(a\bar{b},c) = p(a,c) - p(ab,c) + p(\bar{c},c)$	(76)
76	$p(\bar{a}\bar{b},c) = p(\bar{a},c) - p(\bar{a}b,c) + p(\bar{c},c)$	(77)
40 ،64 ،76 ،77	$p(\bar{a}\bar{b},c) = 1-p(a,c)-p(b,c)+p(ab,c)+p(\bar{c},c)$	(78)
64 ،78	$p(\overline{\bar{a}\bar{b}}, c) = p(a,c) + p(b,c) - p(ab,c)$	(79)

وهذا هو شكل من أشكال قانون الجمع العام؛ نرى هذا بسهولة إذا تذكرنا أن «$\overline{\bar{a}\bar{b}}$» في نظمتنا يعني ما يعنيه «$a + b$» في جبر بول. تجدر الإشارة إلى أن لـ (79) الشكل المعتاد: فهو ليس شرطياً ولا يحتوي على $p(\bar{c},c)$ غير المألوفة. يمكن تعميم (79) تعميماً إضافياً:

79	$p(\overline{\bar{b}\bar{c}}, ad) = p(b,ad) + p(c,ad) - p(bc,ad)$	(80)
40 ،2B ،80	$p(a\overline{\bar{b}\bar{c}}, d = p(ab,d) + p(ac,d) - p(a(bc),d)$	(81)

وهذا هو تعميم (79).

ونأتي الآن إلى اشتقاق قانون التوزيع. ينتج عن (79) و(80) وعن التمهيد البسيط (84) الذي أود تسميته «تمهيد التوزيع» وهو تعميم لـ (32) و(62)

32 ،2B	$p(a(bc),d) = p(a,(bc)d)p(bc,d) = p((aa)(bc),d)$	(82)
[303] 40 ،62 ،2B	$p(((aa)b)c,d) = p(a(ab),cd)p(c,d) = p(((ab)a)c,d)$	(83)
62 ،83 ،82	$p(a(bc),d) = p((ab)(ac),d)$	(84)

هذا هو « تمهيد التوزيع».

79 (استعاضة)	$p(\overline{\overline{ab}\ \overline{ac}}, d) = p(ab,d) + p(ac,d) - p((ab)(ac),d)$	(85)

نطبق تمهيد التوزيع على هذه الصيغة وعلى (81) ونحصل على:

84 ،85 ،81	$p(a\ \overline{\bar{b}\bar{c}}, d) = p(\overline{\overline{ab}\ \overline{ac}}, d)$	(86)

هذا هو أحد أشكال قانون التوزيع الأول. يمكننا تطبيق الصيغة التالية على الطرف الأيسر:

74 ،2B	$p(\overline{\bar{b}\,\bar{b}}a, c) = p(\overline{\bar{b}\,\bar{b}}, ac)p(a,c) = p(a,c)$	(87)

ونحصل إذاً على:

(88)	$p(\overline{\overline{ab}\;\overline{a\bar{b}}}, c) = p(a, c)$	86، 87، 40

لنلاحظ أن

(89)	$p(\bar{\bar{a}}b, c) = p(ab, c)$	68 (استعاضة)
(90)	$p(a,c) = p(b,c) \to p(\bar{a},c) = p(\bar{b},c)$	64

لدينا بالتالي

(91)	$p(\overline{\overline{\overline{\bar{a}\bar{b}}}\,\bar{c}}, d) = p(\overline{\bar{a}\,\overline{\overline{\bar{b}\bar{c}}}}, d)$	62، 89، 40
(92)	$p(\overline{\overline{\overline{\overline{\bar{a}\bar{b}}}\,\bar{c}}},d) = p(\overline{\overline{\bar{a}\,\overline{\overline{\bar{b}\bar{c}}}}},d)$	90، 91

هذا هو قانون التجميع من أجل الجمع البولي. وبتبديل a و b بالمتممات في (40) نجد

(93)	$p(\overline{\bar{a}\bar{b}}, c) = p(\overline{\bar{b}\bar{a}}, c)$	90، 40

هذا هو قانون التبديل من أجل المجموع البولي. ونحصل بنفس الطريقة على

(94)	$p(\overline{\bar{a}\bar{a}}, b) = p(a, b)$	30، 89، 90

هـذا هـو قانـون تطابـق القـوة (قانـون بـول) مـن أجـل الجمـع البولي. نحصل من (87)

(95)	$p(a, b) = p(a, b\overline{c\bar{c}})$	87، 40، 2A
(96)	$p(a,b)\ p(b) = p(ab)$	95، 2B، 75

وهو ما يمكن كتابته على النحو التالي

(97)	$p(b) \neq 0 \to p(a,b) = p(ab)/p(b)$	96

تبيّن هذه الصيغة أن مفهومنا المعمم للاحتمال النسبي مع $p(b) \neq 0$ ينطبق

على المفهوم المعتاد وأن حسابنا هو تعميم للحساب المعتاد. وكون التعميم جوهرياً فهذا ما تظهره الصيغ (′31) ـ (′35) في الهامش رقم (7). وكذلك الأمثلة المعطاة في الملحق الرابع* التي تبيّن اتساق نظمتنا مع الصيغة [304] التالية[8]:

$$p(a,bc) = 0 \text{ و } (Ea)(Eb)(Ec)p(a,b) = 1 \qquad (E)$$

وهي صيغة لا تصح حقاً في تفسيرات عديدة منتهية لنظمتنا S ولكنها صحيحة في التفسيرات اللامتنهية النظامية.

ولكي نبرهن وجوب كون كل تفسير غير متناقض لنظمتنا جبراً بولياً نثبت أولاً

$$((x)p(a,x) = p(b,x)) \rightarrow p(ay,z) = p(by,z) \qquad (98) \qquad 2B$$

$$((x)p(a,x) = p(b,x)) \rightarrow p(y,az) = p(y,bz) \qquad (99) \qquad 98، 2A$$

تجدر الملاحظة أن $2A$ مطلوب لاشتقاق 99: لأن الصيغة (99) لا تنتج من 98، 40 و$2B$ لأنه من الممكن تماماً أن يكون $p(a,z) = p(b,z) = 0$ (يقع هذا على سبيل المثال عندما $x\bar{x} \neq z = \bar{a}$).

$$((x)p(a,x) = p(b,x)) \,\&\, p(c,x) \qquad (100)$$

$$= p(d,x)) \rightarrow p(ac,y) = p(bd,y) \qquad 99، 2B$$

يمكننا، بالاستعانة بـ (90)، (100) و$2A$، أن نرى بسهولة أنه في كل مرة يتحقق فيها الشرط $\binom{*}{*}$:

$\binom{*}{*}$ $p(a,x) = p(b,x)$ من أجل كل x في S،

يمكن استبدال أي اسم للعنصر a في أي صيغة للحساب، في بعض المواضع أو في كلها، باسم العنصر b دون أن يغير ذلك قيمة صحة الصيغة؛ أي أن الشرط $\binom{*}{*}$ يكفل التطابق الاستعاضي لـ a وb. وهكذا يمكننا تعريف التطابق (الاستعاضي) لعنصرين a وb[9]:

$$a = b \leftrightarrow (x)p(a,x) = p(a,x) \qquad (1D)$$

---

(8) انظر أيضاً ′E ص 374 من هذا الكتاب.

(9) يمكن لـ (1D) أن تحل محل 2A. وعندئذٍ تصبح (1D) خلاقة أي موضوعة تكفل التطابق الاستعاضي. انظر ص 380 من هذا الكتاب.

نحصل من هذا التعريف مباشرة على الصيغ

(A) $\quad a = a$

(B) $\quad a = b \rightarrow b = a$

(C) $\quad (a = b \,\&\, b = c) \rightarrow a = c$

(D) $\quad a = b \rightarrow$ يمكن لـ a أن تحل محل b في بعض أو كل المواضع في أي صيغة دون أن تغير قيمة صحتها. 2A، 90، 100

يمكننا أيضاً إعطاء تعريف ثان

(2D) $\quad a = b + c \leftrightarrow a = \overline{\bar{b}\bar{c}}$

ونحصل إذاً

(I)	إذا كان a وb في S فإن $a + b$ في S	(المصادرة 3، 2D، 1D، 90، 100
(II)	إذا كان a في S فإن $\bar{a}$ في S	(المصادرة 4)
(III)	$a + b = b + a$	93، 2D
(IV)	$(a + b) + c = a + (b + c)$	92، 2D
(V)	$a + a = a$	94، 2D
(VI)	$a\,b + a\,\bar{b} = a$	88، 2D
(VII)	$(Ea)(Eb)a \neq b$	25، 74، 90، 1D

[305]

إن النظمة (A) ـ (2D) و(I) ـ (VI) ليست سوى نظمة معروفة جيداً لجبر بول، تعود لهنتينغتون، ومعلوم أن كل صيغ جبر بول الصالحة تشتق من هذه النظمة[10].

وهكذا فإن S جبر لبول. ولما كان من الممكن تأويل جبر بول كمنطق

(10) قارن: Edward Huntington, «New Sets of Independent Postulates for the Algebra of Logic, with Special Reference to Whitehead and Russell's Principia Mathematica,» *Transactions Am. Math. Soc.*, vol. 35 (1933), pp. 274-304.

إن النظمة (IV) ـ (I) هي «المجموعة الرابعة» عند هنتينغتون المعالجة في الصفحة 280 من المصدر المذكور. توجد في نفس الصفحة (D) ـ (A) وكذلك (2D). الصيغة (V) لا طائل منها كما بين هنتينغتون في ص 557 وما بعدها من نفس المجلد. كما يقبل أيضاً (VII).

استنتاج فإننا نقول إن حساب الاحتمالات في تأويله المنطقي هو تعميم بكل معنى الكلمة لمنطق الاستنتاج.

ويمكننا على وجه الخصوص القول إن الصيغة «$a \geq b$» المعرفة بـ

$$ab = b \leftrightarrow a \geq b \qquad (3D)$$

تعني بالتفسير المنطقي: «a تتلو b» (أو «b تتضمن منطقياً a»). ويسهل البرهان على أن

$$p(a,b) = 1 \leftarrow a \geq b \qquad (+)$$

هذه صيغة هامة[11] يدعيها مؤلفون عديدون ومع ذلك فهي ليست صحيحة في النظمات المعتادة ـ بفرض أن تكون هذه النظمات غير متناقضة. لأنه يجب لجعل هذه الصيغة صحيحة قبول العلاقة[12]:

$$p(a,a\bar{a}) + p(\bar{a},a\bar{a}) = 2$$

[306] وبطبيعة الحال العلاقة التالية من جهة أخرى

$$p(a + \bar{a}, a\bar{a}) = 1$$

أي أنه لا يحق لنا الادعاء بصيغ من نوع $p(a + \bar{a},b) = p(\bar{a},b) + p(\bar{a},b)$ بشكل غير شرطي في النظمة (انظر موضوعتنا C).

---

(11) ادعاها جيفريس في الفقرة 1,2، «المواضعة 3» من: Harold Jeffreys, *Theory of Probability*, International Series of Mnographs on Physics; 1 (Oxford: Clarenddon Press, 1939);

لكنها ما أن تقبل حتى تصبح مبرهنته 4 متناقضة لأنها مطروحة من دون شروط مثل $p(b) \neq 0$. لقد حسن جيفريس فيما يتعلق بهذه النقطة صياغته للمبرهنة 2 في: المصدر المذكور، الطبعة الثانية، عام 1948: ومع ذلك لا تخلو نظمته من التناقض كما تبين المبرهنة 4 وغيرها ذلك (مع أنه أقر في الطبعة الثانية، ص 35 من المصدر المذكور أن كل قضية لا على التعيين تنتج منطقياً من قضايا متناقضة فيما بينها؛ قارن الهامش رقم (7*)، الفقرة 23 وإجابتي لجيفريس في: Karl Popper, «Are Contradictions Embracing?,» *Mind*, 52 (1943), pp. 47 ff.

بعد نشر كتابي باللغة الانكليزية قام جيفريس جزئياً بالإصلاح المشار إليه هنا في الطبعة الثالثة من كتابه Jeffreys, *Theory of Probability*, 1961;

انظر ص 35 وأيضاً الهامش ص 36 من المصدر المذكور الذي ناقشه في الملحق الثامن*، الهامش رقم (11) فيه. ولما كان لم يعدل مبرهنته 4 ص 22 من المصدر المذكور فإن نظمته الصورية تؤدي باستمرار إلى التناقض (من أجل $p = \bar{r}$) إلى $1 = 2$.

(12) انظر الصيغتين '31 و'32، في الهامش رقم (7) أعلاه.

إن معاكس (+) أي

$$«p(a,b) = 1 \rightarrow a \geq b»$$

لا يمكن بطبيعة الحال أن يبرهن كما بيّن مثلانا الثاني والثالث في البرهان على عدم التناقض[13]. ولهذا علينا تفسير $p(a,b) = 1$ بأنه «على الأقل أكيد تقريباً» أو بالتفسير المنطقي بأن «a تتبع على الأقل تقريباً b». إلا أنه يوجد تكافؤات أخرى صحيحة في نظمتنا، على سبيل المثال

$$a \geq b \leftrightarrow p(a, \overline{ab}) \neq 0 \qquad \begin{pmatrix} + \\ + \end{pmatrix}$$

$$a \geq b \leftrightarrow p(a, \overline{ab}) = 1$$

لا يصح أي من هاتين الصيغتين في النظمات المعتادة لأن $p(a,b)$ غير معرَف فيها إلا إذا كان $p(b) \neq 0$. ولهذا فإنه يبدو واضحاً أنه من الخطأ توصيف النظمات المعتادة للاحتمال بأنها تعميم للمنطق. فهي ليست معدة لذلك صورياً لأنها لا تتضمن في أي حال من الأحوال جبر بول.

يمكن إدراك الاحتمال النسبي في تفسيره المنطقي (وهو ليس الأهم على أية حال) كتعميم لمفهوم قابلية الاشتقاق. إلا أنه من المهم عدم الخلط بين قابلية اشتقاق a من b و«الاقتضاء المادي» أي القضية الشرطية «إذا b فإن a» («$b \supset a$»)، لأن هذا الأخير قضية من ذات نوع a وb، بينما «a ينتج عن b» و $p(a,b) = r$ دعاوى تتعلق بـ a وb. لقد اقترح رايشنباخ منذ زمن طويل النظر إلى $p(a,b)$ كدرجة صحة $b \supset a$ أو بعبارة أخرى وضع $p(a,b) = p(b \supset a)$[14]. لقد [307] حسبت في عام 1938 لفحص هذا الاقتراح «$Exc(a,b)$» أي «زيادة» أو

---

(13) انظر أيضاً الصيغة (E) ص 374 و397 من هذا الكتاب.

(14) Hans Reichenbach, «Axiomatik der Wahrscheinlichkeitsrechnung,» *Mathematische Zeitschrift*, 34 (1932), p. 572.

عرض اقتراح رايشنباخ بتفسير p(a,b) على هذا النحو مرة أخرى وعلى شكل أفضل بكثير من قبل أ. هـ. كوبلاند (A. H. Copland) وحديثاً من قبل هـ. لوبلان في: Hughes Leblanc, *The Journal of Philosophy*, 53 (1956), p. 679.

ادعى هـ. لوبلان في أعمال مختلفة (مثلاً: Hughes Leblanc, «Probability and Randomness II, (Abstract),» *Journal of Symbolic Logic*, vol. 24, no. 4 (1959), p. 318,

حيث تدخل قاعدتان لا طائل منهما «كزيادات» ضرورية؛ وفي: Hughes Leblanc, «On Requirements for Conditional Probability Functions,» *Journal of Symbolic Logic*, vol. 25, no. 3 (1960).

أني لم أبرهن سوى على قابلية اشتقاق جبر بول من نظريتي في الاحتمال وليس على قابلية اشتقاق منطق المنطوقات. وهذه الدعوى غير صحيحة لأني قلت أعلاه إن

$$a \geq b \leftrightarrow ab = b \qquad (3D)$$

=

«فيض» $p(b \supset a)$ على $p(a,b)$. ونرى قبل الحساب أن $-1 \leq Exc(a,b) \leq 1$ وأنه إذا كانت b متناقضة فإن $Exc(a,b) = 0$. أما إذا كانت b متسقة فنجد $Exc(a,b) = p(\bar{a},b)\, p(\bar{b})$. أما في نظمتنا فيصح من دون أي شرط:

$$Exc(a,b) = (1 - p(a,b))\, p(\bar{b}) = p(\bar{a},b)\, p(\bar{b})\, (1 - p(\bar{b},b)) \geq 0.$$

وإذا كانت a وb مستقلتين احتمالياً فيصح عندئذ، في حالة كون b خالية من التناقض: $Exc(a,b) = p(\bar{a})\, p(\bar{b})$. وفي هذه الحالة فإن $Exc(a,b) = 1$ عندما يكون $p(a,b) = 0 = p(b)$. تتحقق هذه الحالة بـ b خالية من التناقض وبأية a لا على التعيين عندما يكون $p(b) = 0$ و a إما مستقلة[15] عن b و$p(a) = 0$ أو a غير متوائمة مع b أو غير متوائمة تقريباً (مثل a = يوجد غراب أبيض؛ $b = \bar{a}$). وهكذا يتضح أن تفسير $p(a,b)$ بـ $p(b \supset a)$ غير مواتٍ البتة.

يمكن اعتماداً على الطابع الصوري لنظمتنا تفسيرها، على سبيل المثال، كمنطق منطوقات متعدد القيم (بقيم متقطعة متعددة كما نشاء أو مكثفة أو مستمرة) أو كنظمة منطق جهوي (*Modallogik*). ويمكن القيام بذلك بأشكال مختلفة. يمكن مثلاً تعريف «a تقتضي بالضرورة b» بـ «$p(b,a\bar{b}) \neq 0$» كما أشرنا قبل قليل أو «a ضروري منطقياً» بـ «$p(a,\bar{a}) = 1$». وحتى المسألة عما إذا كان منطوق ضروري ضرورياً بالضرورة تجد في نظرية الاحتمالات مكانها الطبيعي: إنها مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالعلاقة بين منطوقات الاحتمال الأولية والثانوية التي تلعب دوراً مهمّاً في نظرية الاحتمالات (كما يبين

= (انظر ص 399 من هذا الكتاب) تعني في التفسير المنطقي «a تتلو b»، أي أنني بينت أن الصيغة التالية (L) تصح في التفسير المنطقي:

$$a \geq b \leftrightarrow \vdash b \supset a \qquad \text{(L)}$$

«⊢» هو هنا إشارة الدعوى عند فريج (Frege) ـ روسيل.

وعندما يفضل المرء طريقة الكتابة المألوفة في منطق المنطوقات (حساب المنطوقات) فيمكنه صياغة ملاحظتي على هذا الشكل

$$a \geq b \leftrightarrow \vdash p \supset q \qquad \text{(AL)}$$

بفرض أن a هو اسم المتضمَّن وb اسم المتضمِن في علاقة التضمن على الطرف الأيمن من الصيغة (AL). هذا يعني أن ملاحظتي كافية على نحو تافه لكي نستخلص كل علاقات التضمين الممكن برهانها وبالتالي كل حساب المنطوقات من جبر بول.

وصيغة أخرى قريبة (نفس طريقة التأشير)

$$a \geq b \leftrightarrow \vdash p \equiv q \qquad \text{(+AL)}$$

(15) «مستقل»: تؤدي هذه الكلمة إلى تناقض هنا كما بين لي صديقي جورج دورن (Georg Dorn) في رسالة. انظر الملحق الجديد العشرين* من هذا الكتاب (1994).

ذلك في الملحق التاسع*، النقطة 13 في التعليق الثالث من هذا الكتاب). يمكننا إذا رمزنا بـ «$\vdash x$» لـ «x ضروري» (بمعنى يبرهن منطقياً) وبـ «h» لـ «$p(a,a)=1$» أن نختزل على شكل تقريبي إلى حد ما

$$\vdash a \rightarrow \vdash p(h,\bar{h}) = 1 \qquad [308]$$

ويمكن فهمها على أنها المنطوقة $a \vdash$ تقتضي أن a ضروري وبما أن هذا يعني على شكل تقريبي

$$\vdash a \rightarrow \vdash «p(«p(a,\bar{a}))=1», \overline{«p(a,\bar{a})=1»})=1»$$

فنحصل على منطوقات احتمال ثانوية عن منطوقات احتمال أولية.

إلا أن هناك بطبيعة الحال أنواعاً أخرى لتفسير (أفضل) للعلاقة بين منطوقات الاحتمال الأولية والثانوية. (بعض هذه التفسيرات تمنعنا من النظر إليها كمنتمية إلى نفس المستوى اللغوي بل وإلى نفس اللغة).

* إضافة عام 1968. إن المقطع ما قبل الأخير من الملحق مستقل تماماً عن كل ما سبقه أو ما سيلحقه. يقترح هذا المقطع توافقاً من منطوقات احتمال أولية وثانوية في صيغة لـم تَرُقني أبداً. ومنذ أن اشتـق دافيد ميللـر في: *British Journal for the Philosophy of Science*, 17 (1965), pp. 59-61، مفارقة من أجل حالة خاصة، وأثبت بذلك، في رأيي، على المفارقة في إحدى ملاحظاتي[16] فقد فقد هذا المقطع ما تبقى له من قيمة. ولهذا أتمنى أن ينظر إلى هذا المقطع قبل الأخير كمحاولة فاشلة (ويصح هذا على الأرجح على الفقرة 13* من الملحق الجديد التاسع*، ص 469–472 من هذا الكتاب).

أود أن أضيف هنا فيما يتعلق بالاحتمال المطلق مشكلة تلعب دوراً في هذا الموضع (ص 469–472 من هذا الكتاب).

تتضمن كل نظرية للاحتمال النسبي $p(a,b)$ نظرية احتمال مطلق $p(a)$. لدينا في الواقع :

$$p(a,\overline{a\bar{a}}) = p(a, a+\bar{a}) = p(a)$$ (الصيغة 75 ص 394؛ $2D$، ص 398)

(16) انظر الصيغة PP في: Karl Popper, «The Propensity Interpretation of Probability,» *British Journal for the Philosophy of Science*, 10 (1959), p. 39.

انظر أيضاً الهامش رقم 2 في: *British journal for the Philosophy of Science*, 19 (1968), p. 145.

إلا إذا منعنا على نحو اعتباطي تبديل b بتحصيل حاصل في $p(a,b)$. ولا حاجة للقول إن هذا الاحتمال «المطلق» نسبي في النظمة المختارة (النظمة التي هي جبر بول كما وجدنا). إن $a\bar{a}$ أو $a + \bar{a}$ هو ببساطة العنصر الواحدي المنتمي إلى جبر بول هذا. ولا حاجة لمطابقة هذا العنصر مع تحصيل حاصل منطقي، رغم أنه من الممكن مطابقته على هذا النحو في تفسير منطقي ما.

يقابل العنصر الواحدي $a + \bar{a}$ ما نقبله على أنه من دون إشكال عندما نختار نظمتنا S.

[309]

الملحق السادس*

حول عدم الانتظام الموضوعي أو العشوائية

إن إعطاء سمة موضوعية لعدم الانتظام أو لعدم الترتيب ذي الطابع العشوائي كنوع من أنواع النظام أمر جوهري لإنشاء نظرية موضوعية للاحتمال ولتطبيقها على مفاهيم كالأنتروبية (أو فوضى الجزئيات).

أريد في هذا الملحق رسم الخطوط العريضة لبعض المسائل العامة التي يمكن لسمة الموضوعية الإسهام في حلها وأن أبيّن كيف يمكننا مقاربة هذه المسائل.

(1) نقبل التوزيع العشوائي (بتقريب كبير جداً) لسرعة الجزئيات في غاز في حالة التوازن. وعلى نفس النحو يبدو توزيع السدم الكونية عشوائياً مع كثافة وجود كلية ثابتة. وهطول المطر في أيام الأحد عشوائي: مع الزمن، تسقط نفس الكمية من الأمطار في كل يوم من أيام الأسبوع. وسقوط المطر يوم الأربعاء (أو في يوم آخر) لا يساعدنا على التنبؤ بسقوط المطر أو عدم سقوطه في يوم الأحد التالي.

(2) لدينا إمكانيات اختبار إحصائية للعشوائية.

(3) يمكننا وصف العشوائية بأنها «عدم وجود انتظام» ولكن هذا التوصيف غير مجدٍ كما سنرى على الفور. لأنه ليس لدينا أي إمكانية للتحقق من وجود أو عدم وجود الانتظامات بصورة عامة. يمكن التحقق فقط من وجود أو عدم وجود انتظامات نوعية معطاة أو مدعى بوجودها. وهكذا فإن اختباراتنا للعشوائية لا تنفي أبداً كل انتظام: يمكننا التحقق عما إذا كان هناك صلة ذات مدلول بين هطول المطر وأيام الآحاد، أي عما إذا كانت صيغة معطاة ما تصلح للتنبؤ بالمطر في أيام الآحاد مثل «على الأقل مرة كل ثلاثة أسابيع». يمكننا بالفعل رفض هذه الصيغة استناداً إلى اختباراتنا ولكن هذه الاختبارات لا تثبت وجود أو عدم وجود صيغة أفضل.

(4) قد يراودنا القول، في هذه الظروف، إنه لا يمكن أن تكون العشوائية أو الفوضى نوعاً من أنواع النظام، قابلاً لتوصيفه موضوعياً وإنما هي نقص في معرفتنا [310] للنظام الموجود ـ هذا بفرض وجود نظام ـ أعتقد أنه يجب علينا مقاومة هذه المراودة وأنه يمكن تطوير نظرية تسمح لنا بالفعل بإنشاء أنواع مثالية من عدم الترتيب أم من عدم الانتظام (وكذلك بطبيعة الحال أنواعاً مثالية من الترتيب وكل الدرجات بين هذين الحدين النقيضين).

(5) إن أبسط مسألة في هذا المجال، وهي المسألة التي أعتقد أني قد توصلت إلى حلها، هي إنشاء نوع مثالي ذي بعد واحد لعدم الترتيب أو عدم الانتظام على شكل متتالية مثالية غير منتظمة من أصفار وآحاد.

إن مسألة إنشاء متتالية من هذا القبيل ينتج مباشرة في أي نظرية تواتر للاحتمال تتعامل مع متتاليات لامنتهية. وهذا ما يبيّنه ما يلي.

(6) إن متتالية من أصفار وآحاد هي بحسب فون ميزس عديمة الانتظام عندما لا نقبل أي نظمة لعب فيها، أي نظمة تتيح لنا انتقاء متتالية جزئية مسبقاً يختلف التوزيع فيها عما هو عليه في المتتالية الأصلية. طبعاً يقر فون ميزس أن كل نظمة لعب قد تنجح «عشوائياً» لفترة من الزمن إلا أن المطلوب هو ألا تنجح لزمن طويل أو بشكل أكثر دقة في عدد لا منتهٍ من التجارب.

يمكن وفقاً لذلك أن يكون جمعي لفون ميزس منتظماً إلى أعلى حد في مقطع البداية: وهكذا وبشرط أن يصبح غير منتظم في النهاية فلا يمكن استناداً إلى قاعدة ميزس استثناء أي جمعي يبدأ بشكل جد منتظم مثل

00 11 00 11 00 11...

الخ، إلى الحد ذي الرقم خمسة مائة مليون.

(7) واضح أنه لا يمكننا التحقق تجريبياً من هذا النوع من العشوائية المؤجلة. وواضح كذلك أننا عندما نفحص انتظام متتالية فإننا نفكر بنوع آخر من العشوائية وتحديداً بمتتالية تسلك من بدايتها سلوكاً عشوائياً معقولاً.

إلا أن استعمال تعبير «من بدايتها» يخلق مشكلته الذاتية. هل للمتتالية *010110* طابع عشوائي؟ إنها قصيرة إلى حد يمنعنا عن الجواب بنعم أو بلا. ولكننا إذا قلنا

إننا بحاجة إلى متتالية طويلة للبت في هذا السؤال فإننا نتراجع، على ما يبدو، عما قلناه سابقاً أي وجوب كون المتتالية ذات طابع عشوائي من البداية.

(8) إن حل هذه المعضلة هو في إنشاء متتالية عشوائية مثالية ـ متتالية غير منتظمة في كل بداية مقطع طال أو قصر بقدر ما يسمح طول المقطع المأخوذ بعين الاعتبار بذلك. يتعلق الأمر بكلمات أخرى بمتتالية تتزايد فيها درجة عشوائيتها (أي n [311] حريتها من الفعل اللاحق) بازدياد طولها وبالسرعة التي يمكن للرياضيات تحقيقها.

لقد بيّنا في الملحق الرابع للكتاب كيف يمكن إنشاء متتالية من هذا النوع[1].

(9) يمكن تسمية المجموعة اللامنتهية لكل المتتاليات التي تتسم بهذه الصفة المتناوبات غير المنتظمة من النوع المثالي ذات التوزيع المتساوي.

(10) وعلى الرغم من أنه لا يتطلب من هذه المتتاليات سوى أن تكون «غير منتظمة بقوة» ـ بمعنى أن تجتاز كل المقاطع المنتهية للبداية فيها امتحانات عدم الانتظام ـ فإنه يسهل البرهان على أن لها قيمة تواتر حدية بالمعنى المطلوب عادة في نطاق نظريات التواتر. وهذا ما يحل ببساطة أحد المشاكل المركزية في الفصل الذي خصصته للاحتمالات وأقصد حذف موضوعة القيمة الحدية بإرجاع سلوك المتتاليات ذي الطابع الحدي إلى سلوك مقاطعها المنتهية ذي الطابع العشوائي.

(11) يمكن بسهولة توسيع المتتالية ذات البعد الواحد في الاتجاهين بأن نربط الحدود، الأول، الثاني . . . ذات الترتيب الفردي بالمواضع، الأول، الثاني. . . في الاتجاه الموجب والحدود، الأول، الثاني . . . ذات الترتيب الزوجي بالمواضع، الأول، الثاني . . . في الاتجاه السالب. ويمكن بطرق مماثلة تمديد الإنشاء ليضم خلايا في الفضاءات ذات الأبعاد n.

(12) بينما انصب اهتمام نظريي تواتر عددين ـ أخص بالذكر منهم فون ميزس، كوبلاند، فالد وتشرش ـ على إعطاء تعريف صارم قدر المستطاع للمتتاليات العشوائية باستبعاد «كل» نظمات المقامرة (بأوسع معنى الكلمة لـ «كل»)، بحيث يتواءم الاستبعاد مع البرهان على وجود المتتاليات المعرفة على هذا النحو)

(1) انظر بشكل خاص الهامش رقم (1*)، الملحق الرابع من هذا الكتاب، مع الإشارة إلى عمل للدكتور ل. ر. ب. إلتون ولي لم ينشر بعد.

فقد كان ولا يزال هدفي مختلفاً. لقد أردت منذ البداية الرد على الاعتراض القائل إن أي مقطع بداية منتهٍ لا على التعيين يتواءم مع عدم الانتظام وأردت إعطاء متتاليات تتولد من متتاليات منتهية ذات طابع عشوائي بالانتقال إلى اللانتهاء. وكنت آمل تحقيق غايتين: أردت أن أبقى ملتزماً بنوع المتتاليات التي اجتازت بنجاح امتحانات عدم الانتظام الإحصائية؛ والبرهان على قضية القيمة الحدية. وقد تحقق هذان الهدفان كما شُرح في النقطة (8) بالاستعانة بطريقة الإنشاء التي أعطيتها في ملحقي القديم الرابع.

(13) ثم تكونت لدي القناعة أن معالجة الاحتمال وفق نظرية القياس أفضل من التفسير التواتري[2] لأسباب رياضية وفلسفية في آن واحد (يلعب التفسير النزوعي للاحتمال كقياس للميل نحو التحقق الذي عالجته بالتفصيل في متمماتي دوراً حاسماً [312] هنا). ولهذا فإني لم أعد أعلق أهمية تذكر على حذف موضوعة القيمة الحدية من نظرية التواتر. ولكنه مع ذلك ممكن: يمكن بناء النظرية التواترية بالاستعانة بالنوع المثالي للمتتاليات العشوائية المنشأ في الملحق الرابع؛ ويمكن القول عن متتالية تجربية إنها عشوائية بقدر ما تظهر الاختبارات قربها الإحصائي من متتالية مثالية.

إن المتتاليات المقبولة من قبل فون ميزس، وكوبلاند، وفالد وتشرش ليست من هذا النوع بالضرورة، هذا ما كنا قد أشرنا إليه. إلا أنه يمكن لأي متتالية كانت قد استبعدت كغير عشوائية اعتماداً على اختبارات إحصائية أن تتحول فيما بعد إلى متتالية عشوائية مقبولة بالمعنى الذي يعطيه هؤلاء المؤلفون لهذه الكلمة.

(14) واليوم بعد مرور بضع سنوات على الحل الذي أعطيته لهذا المشكل القديم والذي كان قد سرني عام 1934 فإني لم أعد أؤمن بأهمية الواقع الذي لا شك فيه: إنه يمكن بناء نظرية تواتر خالية من كل الصعوبات القديمة. ومع ذلك فلا أزال أرى أنه من المهم توصيف العشوائية أو عدم الانتظام بنوع من الترتيب وإنشاء نماذج موضوعية للعشوائية أو عدم الانتظام.

(15) يجدر الانتباه إلى كون المتتاليات العشوائية التي وضعتها، والموصوفة في النقطتين (8) و(10) تحقق الحساب الصوري للملحق الرابع* وكذلك الشكل الذي وضعته لهذا الحساب عام 1938 (الملحق الثاني*). لتكن إذاً S مجموعة متتاليات مثالية عشوائية (جمعيين) كـ $a = a_1, a_2, \ldots$ و $b = b_1, b_2, \ldots$ حيث الحدود a_i

(2) انظر الفصل الثالث* من: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

وb_i في المتتاليات تساوي 1 أو 0. إن بعض جداءات المتتاليات مستقلة (وبالتالي عشوائية هي أيضاً). تحتوي S على المتتاليتين التي تتكون كل حدودها من 1 فقط أو من صفر فقط. نضع:

$$p(a,b) = lim ((\Sigma a_n b_n)/\Sigma b_n);$$

$$p(ab,c) = lim ((\Sigma a_n b_n c_n)/\Sigma c_n);$$

$$p(\bar{a},b) = lim ((\Sigma(1-a_n)b_n)/\Sigma b_n);$$

$$p(a) = lim ((\Sigma a_n)/n);$$

وتتحقق إذاً كل مصادرات وموضوعات الملحقين الرابع* والخامس* (ص 360 وبعدها و389 وبعدها من هذا الكتاب)[3].

(3) ما عدا المصادرة 1، انظر ص 360، 461، و363، 364.

[313]

الملحق السابع*

الاحتمال المعدوم والبنية الدقيقة للاحتمال وللمضمون

ميزنا بدقة في متن الكتاب بين مفهومي احتمال فرضية ما ودرجة تعزيزها. وأثبتنا الدعوى الآتية: عندما نصف فرضية ما بأنها جيدة التعزيز فإننا لا نقول سوى إنها خضعت إلى فحوص صارمة (ومن هنا فمن الواجب أن يتعلق الأمر بفرضية ذات درجة فحص عالية) وإنها اجتازت بنجاح أكثر الفحوص صرامة التي يمكن أن تخطر في البال. وادعينا أيضاً أن درجة التعزيز ليست احتمالاً بأي حال من الأحوال لأنها لا يمكن أن تحقق قوانين حساب الاحتمالات. ذلك أن هذه القوانين تتطلب أن تكون، من بين فرضيتين، الفرضية الأقوى منطقياً أو الأكثر إعلاماً أو الأفضل قابلية للفحص وبالتالي الأفضل قابلية للتعزيز، الأقل احتمالاً باستمرار من الثانية بالنظر إلى كل إثبات واقع أياً كان[1].

وهكذا فقد ارتبطت بصورة عامة درجة تعزيز أعلى بدرجة احتمال أخفض وهذا ما يبين ضرورة التمييز المضبوط بين الاحتمال (بمعنى حساب الاحتمال) ودرجة التعزيز، ليس هذا فحسب وإنما يبين أيضاً أنه لا يمكن الأخذ بنظرية احتمال للاستقراء ـ بفكرة احتمال استقرائي.

وعندما أتكلم على «الاحتمال» هنا فإني أعني بصورة عامة دالة تحقق القوانين الصورية لحساب الاحتمال: أياً من التفسيرات المعطاة لنظمة موضوعاتنا[2] وكذلك أي تفسير للنظمات الأخرى المعروفة ما دامت هذه النظمات غير متناقضة أو إذا أمكن جعلها غير متناقضة (مثلاً نظمات كينيز، رايشنباخ أو كارناب).

(1) انظر خاصة الفقرتين 82 و83 من هذا الكتاب.

(2) انظر الملحقين الرابع* والخامس* من هذا الكتاب.

بيّنا في المتن استحالة الاحتمال الاستقرائي[3] بمناقشة بعض أفكار رايشنباخ، وكينيز وكايلا. إن إحدى نتائج هذه المناقشة أن احتمال كل قانون عام (غير تحصيل حاصل) في عالم لامنته (لامنته بالنظر إلى عدد الأشياء المتميزة بعضها من بعض أو بالنظر إلى منطقة من الزمان-المكان) يساوي الصفر.

[314] (نتج من ذلك أيضاً أنه لا يجوز أن نقبل من دون نقد الفكرة القائلة أن هدف العلمي هو الوصول إلى درجة احتمال أعلى. يجب على العلمي أن يختار بين الاحتمال الأعلى والمضمون الإعلامي الأعلى ولا يستطيع إذاً لضرورات منطقية الحصول على الاثنين معاً. وقد فضل العلميون حتى الآن وعلى الدوام، مجبرين بهذا الاختيار، المضمون الإعلامي العالي على الاحتمال العالي ـ شريطة أن تعزز الفحوص النظرية بشكل جيد).

أفهم بكلمة «احتمال» إما الاحتمال المنطقي المطلق للقانون العام أو احتماله النسبي المرتبط بقضايا ما ـ مفترض أنها معطاة ـ تتعلق بالأحداث (إثباتات الواقع) أي المرتبط بقضية خاصة (بقضية منفردة) أو بترافق عدد منتهٍ من القضايا الخاصة. وهكذا فإذا كان a قانوناً وb إثبات واقع ما فإنني أقول:

$$p(a) = 0 \qquad (1)$$

و

$$p(a,b) = 0 \qquad (2)$$

ستناقش هاتان الصيغتان في الملحق الذي بين أيدينا.

هاتان الصيغتان متكافئتان. ذلك أنه يصح، كما أثبت جيفريس وكينيز: إذا كان الاحتمال «القبلي» (الاحتمال المنطقي المطلق) لقضية ما مساوياً للصفر فإن هذا يصح وجوباً على احتماله بالنسبة لأي ترافق عدد منتهٍ من إثباتات الواقع b، لأنه يمكننا أن نقبل صحة $p(b) \neq 0$ من أجل كل إثبات واقع منته b. ينتج من $p(a) = 0$ أن $p(ab) = 0$ ولما كان $p(a,b) = p(ab)/p(b)$ فإننا نحصل على (2) من (1). يمكننا من جهة أخرى اشتقاق (1) من (2). لأنه إذا صحت الصيغة (2) من أجل كل إثبات واقع b، مهما ضعف هذا الإثبات أو مهما كان «تحصيل حاصل تقريباً» فبإمكاننا أن نقبل صحتها من أجل الحالة ـ صفر لإثبات واقع ـ أي من أجل تحصيل الحاصل $t = b\bar{b}$؛ ويمكن تعريف $p(a)$ بأنه مساوٍ لـ$p(a,t)$.

(3) انظر الفقرات 80، 81، و83 من هذا الكتاب.

توجد حجج كثيرة معقولة تؤيد (1) و(2): يمكننا قبل كل شيء الاستناد إلى التعريف التقليدي للاحتمال كحاصل قسمة الإمكانيات المواتية على عدد كل الإمكانيات (الموزعة بالتساوي). يمكننا عندئذٍ اشتقاق (2) بأن نساوي بين عدد الإمكانيات المواتية وعدد إثباتات الواقع المواتية. وواضح أن $p(a,b) = 0$ في هذه الحالة لأن عدد الإثباتات المواتية منتهٍ حتماً بينما عدد الإمكانات في كون لامنته لامنتهية. (لا يتوقف الأمر هنا وبأي حال من الأحوال على «اللانهاية»، لأننا نحصل من أجل أي عالم كبير بما فيه الكفاية على نفس النتيجة وبالتقريب الذي [315] نريد؛ ونعلم أن عالمنا مقارنة بالوقائع المادية المتاحة لنا كبير جداً في المكان وعلى وجه الخصوص في الزمان).

قد لا تتسم هذه الاعتبارات المبسطة بالدقة المرجوة إلا أنه يمكننا إصلاحها إلى حد كبير إذا ما حاولنا اشتقاق (1) بدلاً من (2) من التعريف التقليدي. سنقبل في هذا السبيل أنه يتبع من القضية العامة a جداء لا منتهٍ من القضايا الخاصة تتمتع كل منها باحتمال تقل قيمته عن 1 كما يقتضي الأمر. ويمكن في أبسط الحالات تفسير a نفسه كجداء لا منتهٍ من هذا النوع، أي أنه يمكننا أن نضع a = «الكل شيء الصفة A»؛ أو بالرمز: «$(x)Ax$» والذي يمكن قراءته «يصح من أجل أي قيمة لـ x: لـ x الصفة A»[4] وتفسر a في هذه الحالة على أنها الجداء اللامنتهي $a = a_1, a_2,...$ حيث $a_i = Ak_i$ وk_i اسم المفرد الـ i في عالم المفردات اللامنتهي.

يمكننا الآن إدخال «a^n» كجداء الـ n قضية خاصة الأولى $a_1a_2...a_n$ بحيث يمكننا أن نكتب a

$$a = \lim_{n\to\infty} a^n$$

(ومقارنة مع ص 375)

$$p(a) = p(\lim_{n\to\infty} a^n) = \lim_{n\to\infty} p(a^n) \tag{3}$$

---

(4) إن x هنا هو المتحول الفردي الذي يمتد على كل عالم المفردات (اللامنتهي). يمكننا أن نختار على سبيل المثال a= «كل البجع أبيض» = «يصح من أجل أي قيمة لـ x: لـ x الصفة A» حيث تعرف A «كأبيض أو لا بجع». يمكن التعبير عن هذا بشكل آخر، حيث نقبل أن x ممتدة على مناطق العالم الزمانية-المكانية وA معرفة كـ «غير مسكون من غير بجع أبيض». يمكننا أيضاً كتابة كـ «$(x)Ax$» قوانين أخرى حتى ولو كانت ذا شكل أكثر تعقيداً من قبيل $(x)(y)\,(x\,R\,y \to x\,S\,y)$ لأنه يمكننا تعريف A بالعلاقة

$$Ax \leftrightarrow (y)\,(x\,R\,y \to x\,S\,y)$$

قد نصل هنا إلى الاستنباط التالي: إن لقوانين الطبيعة شكلاً مختلفاً عن الشكل الموصوف هنا (انظر الملحق العاشر* من هذا الكتاب): إنها أقوى منطقياً مما قبلنا به هنا وإنها في حالة استعمالها على الشكل «$(x)\,A(x)$» فإن المحمول A غير رصود أساساً، قارن الهامشين رقمي (1*) و(2*) للمذكرة الثالثة في الملحق التاسع* من هذا الكتاب، رغم أنه قابل للاختبار استنتاجياً. وتبقى مع ذلك في هذه الحالة محاكمتنا بالأولى صالحة.

ومن الواضح أنه يمكن تفسير a^n بأنها الدعوى القائلة إن كل العناصر في متتالية العناصر $k_1, k_2 ... k_n$ المنتهية تتمتع بالصفة A. وهذا يسهل علينا تطبيق التعريف التقليدي لتقويم $p(a_n)$. توجد إمكانية واحدة تكون فيها الدعوى a^n مواتية:

[316] إنها إمكانية أن تكون كل المفردات من دون استثناء متمتعة بالصفة A وليس بالصفة لا A. ولدينا بالكل 2^n إمكانية، لأنه يجب علينا من أجل كل مفرد k_i أن نقبل أن يكون إما متمتعاً بالصفة أو بالصفة لا A. ووفقاً لذلك تعطينا النظرية التقليدية

$$p(a^n) = 1/2^n \qquad (4^c)$$

ونحصل من (3) و(4^c) مباشرة على (1).

إن البرهان «التقليدي» على (4^c) ليس مناسباً تماماً إلا أنه في رأيي صحيح من حيث الأساس.

إنه غير مناسب لأنه يعمل مفترضاً أن A ولا A متساويا الاحتمال. لأنه من الممكن الاعتراض على ذلك (وبحق على ما أظن) بالقول: بما أن a توصف قانوناً طبيعياً فإن مختلف الـ a_i «قضايا آنية» (حجج فرعية) واحتمالها بالتالي أعلى من احتمال نفيها، الذي لا يعدو أن يكون إمكانية تفنيد[5]. ومع ذلك فإن هذا الاعتراض لا يصيب إلا جزءاً غير أساسي من المحاكمة. لأن الأمر سواء، فأياً كان الاحتمال الذي نعزوه لـ A (باستثناء الاحتمال واحد) فإن احتمال الجداء اللامنتهي a يساوي الصفر (عندما نقبل الاستقلال وهو ما سنناقشه بعد حين). ونصطدم في واقع الأمر هنا بحالة تافهة من قانون الواحد أو الصفر للاحتمال (والذي يمكننا أن نسميه تلميحاً لفيزيولوجيا الأعصاب «مبدأ كل شيء أو لا شيء»). يمكن صياغة القانون في هذه الحالة: إذا كان الجداء اللامنتهي لـ a_1, a_2 ... حيث $p(a_i) = p(a_j)$ وحيث a مستقل عن كل العناصر الأخرى فيصح إذاً

$$p(a) = \lim_{n\to\infty} p(a^n) = 0 \quad \text{إلا إذا كان} \quad p(a) = p(a^n) = 1 \quad \text{من أجل كل } n \qquad (4)$$

إلا أنه من الواضح أنه لا يمكن قبول $p(a) = 1$ (ليس من وجهة نظري وحدها وإنما من وجهة نظر معارضيَّ الاستقرائيين لأنهم لا يستطيعون قبول الاستتباع أنه يستحيل رفع قيمة احتمال قانون عام بالخبرة). لأنه سيكون عندئذ للقضية «كل البجع أسود» تماماً نفس الاحتمال 1 الذي تأخذه القضية «كل البجع أبيض» وعلى نفس النحو من أجل كل الألوان. بينما سيكون للقضايا «توجد بجعة

(5) انظر الهامش رقم (2*)، الفقرة 28 من هذا الكتاب.

سوداء» و«توجد بجعة بيضاء» الخ. رغم ضعفها الحدسي منطقياً، الاحتمال صفر. أو بعبارة أخرى سيقود $p(a) = 1$ إذا أخذ به، ولأسباب منطقية بحتة إلى الادعاء بخلو العالم وذلك باحتمال يساوي الواحد.

وهكذا فإن (4) تعطينا (1).

ومع أني أعتبر أنه لا يمكن الاعتراض على هذه الحجج (بما فيها قبول الاستقلال الذي سنناقشه أسفله) فإن هناك عدداً من المحاكمات الأخرى الأضعف منطقياً بكثير التي لا تفترض الاستقلال ولكنها تقود مع ذلك إلى (1). يمكننا على [317] سبيل المثال أن نحاكم على النحو التالي.

لقد قبل في اشتقاقنا أن هناك إمكانية من أجل كل k_i بأن تكون له الصفة A أو الصفة لا A. وقاد هذا أساساً إلى (4). إلا أنه قد يمكن القبول كذلك أن ما يجب اعتباره كإمكانيتنا الرئيسية ليس هو الصفات الممكنة لكل مفرد في العالم المكون من n مفرداً وإنما الإمكانيات النسبية الممكنة للصفتين A ولا A في «عينة» (مسطرة) مؤلفة من مفردات من هذا النوع. إن النسب الممكنة لوقوع A في عينة مؤلفة من n مفرداً هي 0، $1/n$ ... n/n. عندما ننظر إلى وقوع كل من هذه النسب كإحدى إمكانياتنا الرئيسية ونعالجها كمتساوية («توزيع لابلاس»)[6] فمن الواجب عندئذٍ استبدال (4) بـ

$$p(a^n) = 1/(n+1) \text{ بحيث } \lim p(a^n) = 0 \qquad (5)$$

وعلى الرغم أن الصيغة (5) أضعف بكثير من (4) من وجهة نظر اشتقاق (1) فإنها تسمح لنا مع ذلك به. وهي تقوم بذلك من دون أن تطابق الحالات المواتية مع الحالات المرصودة ومن دون أن تفرض أن عدد الحالات المرصودة منتهٍ.

وتقود محاكمةٌ شبيهة جداً بتلك إلى (1) قد نستطيع شرحها على النحو التالي. يمكننا إستناداً إلى واقع تضمن كل قانون عام a منطقياً لفرضية إحصائية h من الشكل «$p(x,y) = 1$» (يعني هذا الاقتضاء أن القانون محتمل على الأكثر بقدر الفرضية)

(6) تشكل هذه الفرضية في الواقع الأساس الذي بنى لابلاس عليه «قاعدته في التتابع» الشهيرة. ولهذا السبب أسميها توزيع لابلاس. والفرضية مناسبة عندما يتعلق الأمر بعينات فقط. إلا أنها على ما يبدو لا تناسب عندما تطبق (كما فعل لابلاس) على المسألة المتعلقة بتتابع أحداث فردية. انظر أيضاً الملحق التاسع*، النقطة 7 وما يتبعها، «مذكرتي الثالثة»، وكذا الهامش رقم (11) في الملحق الثامن* من هذا الكتاب.

وإلى كون حساب الاحتمال المطلق لـ h ممكناً بالاستعانة بتوزيع لابلاس، وهو ما يزودنا بـ $p(h) = 0$[7]. ولما كان h يتبع a فإن $p(a) = 0$ أي (1).

يبدو لي أن هذا البرهان هو الأبسط والأكثر إقناعاً: يتيح لنا ادعاء (4) و(5) إذا ما قبلنا أن (4) تصح على a و(5) على h.

لقد اعتمدت تأملاتنا حتى الآن على التعريف التقليدي للاحتمال. لكننا نصل إلى نفس النتيجة إذا ما اعتبرنا كأساس، بدلاً من هذا التعريف، التفسير المنطقي لحساب الاحتمالات الصوري. تتحول المشكلة عندئذ إلى السؤال عن استقلال أو عدم استقلال القضايا.

[318] إذا نظرنا من جديد إلى a كالجداء المنطقي للقضايا الخاصة (المنفردة) $a_1, a_2...$ فسيبدو لنا أن الفرض المعقول الوحيد عندما لا توجد أي معلومات (ما عدا تحصيل الحاصل) هو اعتبار كل هذه القضايا الخاصة مستقلة بعضها عن بعض، أي أنه يمكن أن يتبع a_i إما a_j وإما نفيها، $\overline{a}_j$ ومن هنا الاحتمالات

$$p(a_j, a_i) = p(a_j)$$
$$p(\overline{a}_j, a_i) = p(\overline{a}_j) = 1 - p(a_j)$$

وكل فرض غير هذا الفرض يعادل إثباتاً وضع خصيصاً لنوع من أنواع الفعل اللاحق، أو بعبارة أخرى إنه يعادل تطلب إعطاء رابطة سببية بين a_i وa_j. ولكن هذا سيكون بكل وضوح قبولاً تركيبياً غير منطقي، يقتضي صياغته على شكل فرضية علمية. وهو أمر لا يمكن فرضه ضمنياً في نظرية منطقية بحتة للاحتمالات إلا إذا كان تحصيل حاصل بحت منطقياً.

يمكن قول هذا على شكل آخر: يصح مع وجود فرضية علمية h ما يلي

$$p(a_j, a_i h) > p(a_j, h) \qquad (6)$$

ذلك أنه يمكن لـ h أن تعلمنا عن وجود نوع من أنواع الفعل اللاحق. ويصح بالتالي أيضاً

$$p(a_i a_j, h) > p(a_i, h)\, p(a_j, h) \qquad (7)$$

لأن الصيغة (7) مكافئة لـ (6). أما إذا لم تكن لدينا h أو إذا كانت h تحصيل

(7) قارن الملحق التاسع* من هذا الكتاب، المذكرة الثالثة وخاصة النقطة 13*.

حاصل، أو بعبارة أخرى إذا كان علينا التعامل مع الاحتمالات المنطقية المطلقة فيجب عندئذ استبدال (7) بـ

$$p(a_i a_j) = p(a_i)\, p(a_j) \qquad (8)$$

وتعني (8) أن a_i وa_j مستقلتان وتكافئ الصيغة

$$p(a_j, a_i) = p(a_j) \qquad (9)$$

إلا أن قبول الاستقلال المتبادل يقود مع $p(a_i) < 1$، كما في السابق، إلى $p(a) = 0$ أي إلى (1).

وهكذا تقود (8) أي قبول الاستقلال المتبادل للقضايا المنفردة إلى (1). وهذا تحديداً ما دعا مؤلفين عديدين إلى رفض الصيغة (8) مباشرة أو بشكل غير مباشر. وكانت حجتهم على الدوام أنه يجب أن تكون (8) باطلة وإلا فلن نستطيع تعلم شيء من الخبرات لو كانت صحيحة: ولاستحالت المعرفة التجريبية. ولكن هذا ليس صحيحاً: يمكننا أن نتعلم من الخبرة حتى عندما يكون $p(a) = p(a,b) = 0$؛ يمكن [319] على سبيل المثال أن ترتفع قيمة $C(a,b)$، أي قيمة درجة تعزيز a بالخبرات b، بإضافة خبرات جديدة[8]. وهكذا تخطئ هذه المحاججة «المتعالية» هدفها ولا تصيب بالتالي نظريتي[9].

ولنعد مع ذلك إلى تحليل وجهة النظر القائلة أن (8) باطلة أو أن العلاقة التالية بكلمات أخرى،

$$p(a_i a_j) > p(a_i)\, p(a_j)$$

---

(8) انظر الملحق التاسع* من هذا الكتاب.

(9) نقول عن حجة إنها متعالية إذا كانت تحتكم إلى واقع كوننا نمتلك المعرفة وأننا نتعلم من الخبرة وإذا كانت تستخلص من هذا الواقع أن المعرفة أو التعلم من الخبرة ممكنان لزوماً، وإضافة إلى ذلك، أن كل نظرية ينتج منها عدم إمكانية المعرفة أو التعلم من الخبرة باطلة بالضرورة. (يلمح التعبير إلى مصطلحات كانط). يمكن في نظري أن تكون محاججة متعالية صحيحة إذا استعملت بشكل نقاد ضد نظرية ينتج منها عدم إمكانية المعرفة أو التعلم من الخبرة. إلا أن الحذر الشديد ضروري في هذا الشأن، فالمعرفة التجريبية بمعنى ما للكلمة «معرفة» موجودة يقيناً. إلا أنها بمعنى آخر ـ كمعرفة موثوقة مثلاً أو قابلة للبرهان ـ غير موجودة. ولا يحق لنا أن نقبل من دون نقد أننا نمتلك معرفة «محتملة» ـ علماً محتملاً بمعنى حساب الاحتمالات. ودعواي في الحقيقة أننا لا نمتلك معرفة محتملة بهذا المعنى. لأني أعتقد أن ما نسميه «بالمعرفة التجريبية» بما في ذلك «المعرفة العلمية» تتكون من تخمينات وأن أغلب هذه التخمينات غير محتمل (احتمالاتها تساوي الصفر) رغم أنها معززة على شكل جيد جداً. انظر الفقرتين 28* و32* من: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

صحيحة وبالتالي

$$p(a_j,a_i) > p(a_j)$$

وكذلك الصيغة الآتية :

$$p(a_n, a_1a_2... a_{n-1}) > p(a_n) \qquad (+)$$

وهكذا يصح وفق وجهة النظر هذه: إذا كنا قد أثبتنا أن لأحد k_i الصفة A فإن هذا يرفع احتمال تمتع مفرد آخر k_j بنفس الصفة؛ ويرتفع الاحتمال بارتفاع عدد الحالات التي نجد فيها الصفة A. أو باصطلاحات هيوم: تدعي (+) «أن تلك الحالات (على سبيل المثال k_n) التي لا نملك عنها أي خبرة يمكن أن تشبه الحالات التي نمتلك خبرة عنها».

إن هذا التنويه ما عدا كلمتي «يمكن أن» مأخوذ من نقد الاستقراء[10] لهيوم. وينطبق نقد هيوم تماماً على (+) وعلى صياغتها بالخط المائل. لأن حجة هيوم هي: [320] «إننا وحتى بعد ملاحظتنا لتكرار الترافق الثابت للأغراض فليس لدينا أي داع لاستخلاص أي استتباع يتعلق بأي غرض غير الاغراض التي اختبرناها»[11]. وإذا ما ادعى امرؤ أن خبرتنا تبرر لنا استنباط نتائج من الأغراض المرصودة على الأغراض غير المرصودة عندئذٍ يقول هيوم «لأعدت طرح سؤالي ما الذي يجعلنا نقوم باستنتاجات من هذه الخبرة تتجاوز الحالات الماضية التي اكتسبنا الخبرة منها». أو بعبارة أخرى يبين هيوم أننا نقع في تقهقر لامنته عندما نلتجئ إلى خبرتنا لتبرير أي استتباع يتعلق بحالات لم ترصد، بما في ذلك مجرد الاستتباعات الاحتمالية، كما يضيف في الـ *Abstract*. لأننا نقرأ فيها: «وواضح أن آدم، على ما حظي من علم، لم يكن يستطيع البرهان على وجوب استمرار سير الطبيعة على نفس النحو وبشكل متجانس . . . لا بل وسأذهب أبعد من ذلك وأؤكد أنه لم يكن ليستطيع بأي من الحجج المحتملة أن يثبت أنه يجب أن يكون المستقبل صورة طبق الأصل عن الماضي. إن كل الحجج المحتملة مبنيّة على فرض وجود تطابق بين الماضي

---

(10) انظر الفقرة VI الجزء III من: David Hume, *A Treatise of Human Nature. Being an Attempt to Introduce the Experimental Method of Reasonning into Moral Subjects*, 3 vols. (London: John Noon, 1739-1740), vol. 1: *Of the Understanding*,

(الخط المائل من هيوم نفسه)، انظر أيضاً الهامش رقم (1)، الفقرة 2*، والهامش رقم (2)، الفقرة 50* من: Popper, *The Postscript to the logic of Scientific Discovery*.

(11) انظر الفقرة XII من: Hume, Ibid.

(الخط المائل من هيوم)، والتنويه القادم من المصدر المذكور، الفقرة IV.

والمستقبل ولا تستطيع بالتالي أبداً الإتيان ببرهان عليه»[12]. وهكذا فإن الخبرة لا تبرر (+). إلا أنه من الواجب لكي تكون هذه الصيغة صحيحة منطقياً أن تأخذ طابع تحصيل حاصل يصح في كل عالم ممكن منطقياً. ولكننا لسنا في هذه الحالة.

وهكذا فإن (+)، في حالة صحتها، ستأخذ الطابع المنطقي لمبدأ استقراء صحيح قبلياً وتركيبي وليس طابع دعوى تحليلية أو منطقية. ولكن (+) ليست كافية في أي حال من الأحوال كمبدأ استقراء. لأنه يمكن لـ (+) أن تكون صحيحة ومع ذلك يصح $p(a) = 0$. (ونعطي نظرية كارناب مثلاً على نظرية تقبل صحة (+) قبلياً ـ رغم أنه يجب أن تكون تركيبية كما رأينا ـ والتي تقبل في الوقت نفسه (1)، أي $p(a) = 0$[13].

[321] قد يكون من الضروري أن يكون مبدأ استقراء احتمالي فعال أقوى من (+). وقد يكون من الضروري أن يتيح لنا على الأقل أن نحصل اعتماداً على إثبات واقع مناسب b على احتمال $p(a,b) > 1/2$ أو بالكلمات أن نجعل a، بفضل تجميع وقائع في صالحه، أكثر احتمالاً من نفيه. إلا أن هذا ممكن في حالة بطلان (1) فقط أي إذا صح $p(a) > 0$.

نحصل على نقض مباشر لـ (+) وعلى برهان على (2) من محاكمة طرحها جيفريس في كتابه *Theory of Probability*، الفقرة 1,6[14]. يناقش جيفريس صيغة

---

(12) قارن الهامش 2، الفقرة 81 في: David Hume, *An Abstract of a Treatise of Human Nature, 1740: A Pamphlet Hitherto Unknown* ..., Reprinted with an Introduction by Johan Maynard Keynes and Piero Sraffa (Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1938), p. 15.

(الخط المائل من هيوم).

(13) إن تطلب كارناب بكون «الامدا» التي وضعها منتهية؛ وهو عكس قياس التبعية كما بيّنت في: Karl Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, p. 290,

يقتضي (+)؛ قارن كتابه: Rudolf Carnap, *Continuum of Inductive Methods* ([Chicago]: University of Chicago Press, [1952]);

ومع ذلك يقبل كارناب أن p(a) = 0 مما يستتبع بحسب جيفريس استحالة التعلم من الخبرة. إلا أن تطلبه بوجوب كون «لامدا» منتهية وبالتالي (+) صحيحة يستند إلى نفس المحاكمة المتعالية التي يلجأ إليها جيفريس ـ والتي بدونها لا نستطيع التعلم من الخبرة. انظر: Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability* (Chicago: University of Chicago Press, 1950), p. 565;

انظر أيضاً الفصل 11 وبشكل خاص ص 289 وما يليها من: Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, 1963, and 1965.

(يحتوي هذا الفصل، وخاصة الهامش 87 على مساهمتي في: Paul Schilpp, ed., *The Philosophy of Rudolf Carnap*, The Library of Living Philosophers; 11 (La Salle, Ill.: Open Court, [1963]).

(14) انظر: Harold Jeffreys, *Theory of Probability*, International Series of Monographs on Physics; I, 2nd ed. (Oxford: Clarendon Press, 1948), p. 39.

ترجمت رموز جيفريس إلى رموزي وأهملت H عنده، لأنه ما من شيء في حججه يمنعنا من اعتبار H =

أشـار إليها بـ (3) وتقابـل في رموزنا الدعوى التالية: بافتراض أن $p(b_i,a) = 0$ من أجـل كل $i \leq n$، بحيث $p(a\,b^n) = p(a)$، فإن الصيغة التالية صحيحة:

$$p(a, b^n) = p(a)/p(b^n) = p(a)/p(b_1)\,p(b_2,b^1)\ldots p(b_n,b^{n-1}) \qquad (10)$$

يقول جيفريس في مناقشته لهذه الصيغة (وأتابع استعمال رموزي عوضاً من رموزه): «وهكذا بعد عدد كاف من التحققات تحصل بالضرورة إحدى الأمور الثلاثـة: (1) يتجـاوز احتمال a بالنظر إلى المعلومات المتاحة 1. (2) إنه مساوٍ للصفر دوماً. (3) $p(b_n,b^{n-1})$ تتناهى نحو 1» ويضيف أن الحالة (1) مستحيلة (تفاهة) بحيث لا يبقى سوى (2) و(3). وأنا أقول الآن إن قبولنا أن (3) صحيحة عامة انطلاقاً من بعض الدواعي المنطقية الغامضة (بل لوجب أن تكون صحيحة عامة وأن تكون في واقع الأمر قبلية كي تستعمل كمبدأ استقراء) أقول إن هذا القبول دحوض بسهولة. لأن الشرط الوحيد المطلوب لاشتقاق (10)، ما عدا $0 < p(b_i) < 1$، هو وجود قضية a تحقق $p(b^n,a) = 1$. وهو شرط محقق دوماً ومن أجل أي متتالية من القضايا b_i. لأنه إذا فرضنا أن b_i هي تقارير عن رمي النقود فإنه من الممكـن دوماً عندئذٍ إنشاء قانون عام a تنتج منه التقارير عن الـ n-1 رمية مرصودة ويسمح بالتنبؤ بالرميات الأخرى (ولو كان هذا الشكل غير صحيح)[15]. وهكذا فإن a المطلوب يوجـد على الدوام. ويوجد معه قانون آخر a' يزودنا بنفس النتائج الـ n-1 الأولى من أجل الرمية n ولكنه يتنبأ من أجل هذه الرمية بالنتيجة المعاكسة. ولهذا فإن قبول الحالة (3) لجيفريس يصبـح مفارقة لأننا سنحصل من أجل n كبيرة بما فيه الكفاية على $p(b_n,b^{n-1})$ قريب من الواحد دوماً وأيضاً (من قانون آخر a') على $p(\bar{b}_n,b^{n-1})$ قريب من الواحد. ومن هنا فإنه من الممكن استعمال محاكمة جيفريس، التي لا [322]

= كتحصيل حاصل أو على الأقل كغير ذات صلة. وفي كل الأحوال يمكن صياغة تأملاتي بدون إهمال H. قـــــارن Harold Jeffreys, *Scientific Inference*, 2nd ed. (Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1957), p. 35.

إن تطلب جيفريس المترجم هنا بالكلمات افتراضاً من أجل الصيغة (10) ليس قوياً بما فيه الكفاية. يجب أن يتطلب $\vdash a \supset b_i$.

(15) لنلاحظ أن لا شيء في الشروط الموضوعة لاشتقاق (10) قد يتطلب أن تأخذ b_i شكل $B(k_i)$ بمحمول مشترك B ولا شيء يمنعنا بالتالي من قبول «$b_i = k_i$ وجه» و«$b_j = k_j$ قفا». وبرغم ذلك نستطيع إنشاء محمول «B» بحيث يأخذ كل b_i شكل «$B(k_i)$» يمكننا تعريف $B(k_i)$ كـ «إن k_i وجه أو قفا بالترتيب إذا وفقط إذا كان الحد المقابل في المتتالية التي يحددها القانون الرياضي a 0 أو 1 بالترتيب». (أود أن أشير هنا إلى أن محمولاً من هذا القبيل معرف فقط بالنسبة إلى حقل مفردات أفرادها مرتبة؛ وهي الحالة الوحيدة التي تهمنا في التطبيق؛ وأريد أيضاً أن ألاحظ أني قد وسعت حديثاً المناقشة أعلاه للصيغة (10) كي لا تقتصر على رمي النقود فقط وإنما لكي تطبق على قوانين الطبيعة (على قوانين كبلر على سبيل المثال). وتمثل الطريقة برهاناً على أن (1) و(2) يصحان على الأقل على كل قوانين الطبيعة تقريباً.

يمكن تجنبها رياضياً، للبرهان على الحالة (2) عنده التي تتطابق مع صيغتي (2) كما أعلنا في بدء هذا الملحق[16].

يمكن تلخيص انتقادنا لـ (+) على النحو التالي. يعتقد كثيرون أن احتمال أن نرى الشيء القادم الذي نرصده أحمر يزداد، لأسباب منطقية بحتة، بصورة عامة بازدياد عدد الأشياء الحمراء التي رأيناها في الماضي. إلا أن هذا إيمان بالسحر ـ إيمان بقوة سحر لغة البشر. لأن «أحمر» ليس سوى محمولاً. وسيوجد أمامنا على الدوام محمولان A وB ينطبق كلاهما على كل الأشياء التي رصدناها حتى الآن ولكنهما يؤديان إلى تنبؤات احتمالية غير متوائمة فيما يخص الشيء القادم. قد لا تقع هذه المحمولات في اللغة العادية إلا أنه من الممكن إنشاؤها دوماً. (والغريب في الأمر أن الإيمان بالسحر الذي ننتقده هنا منتشر لدى الذين ينشئون نماذج لغات اصطناعية أكثر من لدن نظرائهم محللي اللغة الاعتيادية). أنني أدافع في نقدي هذا لـ (+) بطبيعة الحال عن مبدأ استقلال مختلف الـ a_n عن كل الترافقات $aa_r...$ (استقلالاً منطقياً مطلقاً). أي أن انتقادي يمثل على ما يبدو دفاعاً لا يرد عن (4) و(1).

توجد براهين أخرى على (1). يستند أحد هذه البراهين أساساً على فكرة لجيفريس وفرينش[17]. وهو برهان سنناقشه بالتفصيل في الملحق الثامن*. يمكن تلخيص محاكمته (مع تعديلات طفيفة) كما يلي.

ليكن *explikandum e* أو بشكل أدق مجموعة من الوقائع المنفردة التي نريد شرحها بواسطة قانون عام. ويوجد بصورة عامة عدد لامنته من الشروح الممكنة ـ بل عدد لامنته من الشروح (النافية كل واحدة منها للأخرى، e معطاة) بحيث لا [323] يمكن لمجموع احتمالاتها (بالنسبة e) أن يتجاوز الواحد. ولكن هذا يعني أن احتمال كل هذه الشروح تقريباً مساوٍ للصفر ـ إلا إذا استطعنا ترتيب القوانين الممكنة في متتالية لامنتهية وعزو احتمال موجب لكل منها بحيث يتقارب المجموع ولا يتجاوز الواحد. وهذا يعني أيضاً أن احتمال القوانين التي تظهر في بداية المتتالية أكبر (بصورة عامة) من القوانين التي تأتي بعدها في المتتالية. علينا إذاً أن نتأكد من تحقق شرط الاتساق الهام الآتي:

يجب ألا تتيح طريقة ترتيب القوانين أبداً وضع قانون قبل قانون آخر إذا كان بالإمكان البرهان على أن احتمال هذا الأخير أكبر من احتمال الأول.

كان لدى جيفريس وفرينش بعض الدواعي الحدسية للاعتقاد بإمكان إيجاد

---

(16) لقد استخلص جيفريس النتيجة المعاكسة: أن (3) صحيحة.

(17) Dorothy Wrinch and Harold Jeffreys, «On Certain Fundamental Principles of Scientific Discovery,» *Philosophical Magazine*, 42 (1921), pp. 369ff.

طريقة لترتيب القوانين تحقق شرط الاتساق المذكور: لقد اقترحنا ترتيب القوانين الشارحة بحسب تناقص بساطتها («مصادرة البساطة»)، أي بحسب تزايد عقديتها، وتقاس العقدية بعدد الوسطاء الحرة المتاحة للقانون. إلا أنه يمكن البرهان (وسنبرهن في الملحق الثامن*) أن طريقة الترتيب هذه ـ مثلها مثل كل الطرق الأخرى الممكنة ـ تعارض شرط الاتساق المصوغ أعلاه[18].

وهكذا نحصل على $p(a,e) = 0$ من أجل فرضية شارحة أياً كانت إثباتات الواقع e، أي أننا نحصل على (2) ومنها على (1).

(إن أحد مظاهر هذا البرهان اللافت للنظر هو أنه صحيح أيضاً ولو في عالم منته، بفرض أن فرضياتنا الشارحة مصوغة بلغة رياضية تجعل من الممكن إعطاء عدد لامنته من الفرضيات (النافية الواحدة منها للأخرى)). يمكننا على سبيل المثال إنشاء عالم[19] كالتالي: وضع أحد الناس على رقعة شطرنج ممددة أسطوانات صغيرة أو دامات وفق القاعدة التالية: توجد دالة رياضية معرفة، أو منحنٍ، يعرفها هو ولا نعرفها نحن ويجب أن توضع الاسطوانات في المربعات التي يمر فيها المنحني؛ ويمكن أن توضع الأسطوانات كيفما اتفق ضمن الحدود التي تحددها القاعدة. أما مهمتنا فهي رصد أوضاع الأسطوانات وإيجاد «نظرية شارحة»، أي المنحني الرياضي غير المعروف إن أمكن أو منحنٍ آخر قريب جداً منه. واضح أنه سيكون هناك عدد لامنته من الحلول الممكنة غير المتوائمة رياضياً زوجاً زوجاً رغم أنها لن تتميز بعضها من بعض بالنسبة للأسطوانات الموضوعة في طرف [324] الرقعة. ويمكن بطبيعة الحال دحض أي نظرية من النظريات بواسطة الأسطوانات الموضوعة في طرف الرقعة وفق صياغة النظرية. ورغم أن العالم ـ عالم الأوضاع الممكنة ـ قد اختير منتهياً فإنه يوجد عدد لامنته من النظريات الشارحة الرياضية غير المتوائمة فيما بينها. إني على وعي أن الأدويين أو العملياتيين سيقولون إن التمييز بين نظريتين ما تحددان نفس المربعات «غير ذي مدلول». إلا أنه بغض النظر عن هذا الواقع وهو أن هذا المثل ليس جزءاً بأي حال من محاكمتي وأني لست ملزماً بالتالي بالرد على هذا الاعتراض فمن الضروري أخذ ما يلي بعين الاعتبار: سيكون من الممكن في كثير من الحالات إعطاء «معنى» لهذه التمييزات «غير ذات المدلول» وذلك بالرفع من دقة القياس وجعل الشبكة بالتالي كثيفة بقدر الكفاية أي باختيار المربعات والأسطوانات أصغر فأصغر.

---

(18) انظر الهامش رقم (11)، ص 436 من هذا الكتاب.

(19) يستعمل في الملحق الثامن* مثل مشابه، ص 431 من هذا الكتاب، النص المقابل للهامش رقم (3).

سنناقش في الملحق الثامن* بالتفصيل واقع عدم تحقق شرطي في الاتساق. وسأترك الآن مشكلة صلاحية الصيغتين (1) و(2) لأكرس نفسي لمشكلة صورية ناتجة من صحة هاتين الصيغتين بحيث أن لكل النظريات العامة أياً كان مضمونها الاحتمال صفر.

مما لا شك فيه أن المضمون، أو القوة المنطقية، يختلف اختلافاً كبيراً من نظرية عامة إلى أخرى. لنأخذ مثلاً القضيتين a_1 = «كل الكواكب تتحرك على دوائر» وa_2 = «كل الكواكب تتحرك على قطوع ناقصة». وبما أن كل دائرة قطع ناقص (باختلاف مركزي معدوم) فإن a_2 تتبع a_1، ولكن العكس غير صحيح. إن مضمون a_1 أكبر بكثير من مضمون a_2 (توجد طبعاً نظريات أخرى أقوى منطقياً من a_1 أيضاً، مثل «كل الكواكب تتحرك على دوائر متمركزة على الشمس»)[20].

يكتسي كون مضمون a_1 أعلى من مضمون a_2 أهمية كبرى في كل مشكلاتنا. توجد على سبيل المثال فحوص من أجل a_1 ـ أي محاولات لدحض المسار الدائري باكتشاف أي انحراف عنه ـ لا يمكنها أن تكون فحوصاً من أجل a_2؛ إلا أنه لا يمكن أن توجد فحوص حقيقية لـ a_2 ليست في الوقت نفسه محاولة لدحض a_1. ولذا فإن تفحص a_1 أشد صرامة من تفحص a_2 ولـ a_1 درجة قابلية فحص أعلى. وعندما يجتاز a_1 فحوصه الأكثر صرامة بنجاح فإنه يبلغ درجة تعزيز أعلى من الدرجة التي يمكن لـ a_2 أن يبلغها.

وتقوم علاقات مماثلة بين نظريتين a_1 وa_2 ولو لم تقتض a_1 منطقياً a_2، وإنما تقتضي نظرية تشكل تقريباً جيداً جداً لـ a_2. (وهكذا يمكن أن تكون a_1 الديناميك النيوتوني وa_2 قوانين كبلر التي لا تنتج من نظرية نيوتن وإنما «تنتج منها بتقريب جيد»)[21]. وهنا أيضاً فإن نظرية نيوتن أفضل قابلية للفحص لأن مضمونها أكبر[22]. [325]

(20) انظر أيضاً ص 152 أعلاه.

(21) انظر أيضاً الفقرة 15* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(22) أياً كان المقصود بالوقائع المحققة (Confirming Evidence) عند س. ج. همبل (C. G. Hempel) فإنه لا يمكن أن يعني نتيجة الفحوص التي تعزز النظرية، فقد أعلن في أعماله عن هذا الموضوع (C. G. Hempel: «A Purely Syntactical Definition of Confirmation,» *The Journal of Symbolic Logic*, vol. 8, no. 4 (1943), pp. 122 ff.; «Studies in the Logic of Confirmation,» *Mind*, 54 (1945), pp. 1ff. and 97ff., and «A Note on the Paradoxes of Confirmation,» *Mind*, 55 (1946), pp. 79ff.).

من ضمن شروط الملاءمة التي وضعها عن الشرط التالي (8,3):

إذا كانت e واقعة محققة لبعض الفرضيات، h_1 وh_2 مثلاً، فإن من الضروري أن تشكل e وh_1 وh_2 معاً مجموعة متسقة من القضايا. انظر: Hempel, «Studies in the Logic of Confirmation,» pp. 102ff.

إلا أن حالات نوعية ومثيرة معاً تنطق ضد هذا الشرط. لتكن h_1 وh_2 بالترتيب نظرية التثاقل الآنشتاينية والنيوتونية. تؤدي هاتان النظريان في حالة حقول الثقالة الشديدة والأجسام المتحركة بسرعة إلى نتائج غير =

إن ما يبيّنه برهاننا على الصيغة (1) هو أن هذه الفروق في المضمون وفي قابلية الفحص لا يعبر عنها مباشرة بالاستعانة بالاحتمالين المطلقين للنظريتين a_1 وa_2 لأن $p(a_1) = p(a_2) = 0$. وإذا عرفنا قياساً للمضمون $Ct(a)$ بالعلاقة $Ct(a) = 1 - p(a)$ كما هو مقترح في النص فسنخلص من جديد إلى $Ct(a_1) = Ct(a_2)$ بحيث يستحيل التعبير عن الفروق في المضمون التي تهمنا هنا بواسطة قياس من هذا القبيل (وعلى نفس النحو يبقى الفرق بين قضية متناقضة $a\bar{a}$ ونظرية عامة a غير معبر عنه لأن $p(a\bar{a}) = p(a) = 0$ و$Ct(a\bar{a}) = Ct(a) = 0$)[23].

= متوائمة وتتناقضان بالتالي فيما بينهما. ومع ذلك فإن كل الوقائع المعروفة المؤيدة لنظرية نيوتن تؤيد في الوقت نفسه نظرية آنشتاين وتعززهما كلتيهما. والوضع لا يختلف عندما نأخذ بعين الاعتبار نظريتي نيوتن وكبلر أو نيوتن وغاليليه. (وكذلك تعزز كل محاولة فاشلة لإيجاد بجعة حمراء أو صفراء النظريتين التاليتين واللتين تنقض إحداهما الأخرى في حالة صحة القضية «توجد على الأقل بجعة» وهما: (I) «كل البجع أبيض» و(II) «كل البجع أسود»).

وبصورة عامة: لتكن لدينا فرضية h معززة من قبل e ـ نتيجة فحوص صارمة ـ، ولتكن h_1 وh_2 نظريتين غير متوائمتين تتضمن كل منهما الفرضية h منطقياً. (يمكن لـ h_1 أن تكون ah ولـ h_2 أن تكون $\bar{a}h$). يكون عندئذٍ كل فحص لـ h فحصاً لـ h_1 وh_2، لأن كل دحض ناجح لـ h يعتبر دحضاً لكل من h_1 وh_2؛ وعندما تكون e تقريراً عن محاولة فاشلة لدحض h فإن e تعزز عندئذٍ كلاً من h_1 وh_2. إن «التحققات» و«ضرب الأمثال» (Instantiationen) مسألة أخرى ولا حاجة لأن يكون لها أي علاقة بالفحوص.

لنلاحظ بغض النظر عن هذا النقد أنه لا يمكن التعبير عن التطابق في النموذج اللغوي لهمبيل؛ انظر بشكل خاص الصفحة 143 (السطر الخامس من الأسفل) في: Hempel, «A Purely Syntactical Definition of Confirmation».

وفي مقدمة هذا الكتاب لعام 1959. يوجد تعريف بسيط (دلالي) لضرب الأمثال في آخر هامش لعملي Karl Popper, «A Note in Tarski's Definition of Truth», *Mind*, 64 (1955), p. 391.

(23) لا يمكن التجنب في أي نظرية احتمال مطبقة على حقل مفردات لامتنه أن يكون لقضية متناقضة ولقضية تركيبية غير متناقضة نفس الاحتمال: وهذا نتيجة مباشرة لقانون الضرب الذي يقضي بوجوب تناهي $p(a_1a_2...a_n)$ نحو الصفر إذا فرض استقلال كل الـ ai الواحدة عن الأخرى. ومن هنا فإن احتمال رمي n وجه الواحد بعد الآخر يساوي $1/2^n$ في كل نظريات الاحتمال ويصبح صفراً إذا أصبح عدد الرميات لامتهياً. قارن الملحق السادس عشر* من هذا الكتاب.

ومسألة أخرى مشابهة في نظرية الاحتمالات هي التالية: لنضع في علبة n كرة مرقمة من واحد إلى n ونخلط هذه الكرات. ما هو احتمال سحب كرة رقمها عدد أولي؟ يتناهى الحل المعروف لهذه المسألة كسابقتها إلى الصفر عندما يتناهى n إلى المالانهاية. هذا يعني أن سحب كرة رقمها قابل للقسمة يتناهى إلى الواحد عندما يتناهى $n\to\infty$ مع أن في العلبة عدد لامتنه من الكرات أرقامها غير قابلة للقسمة. يجب أن نحصل على نفس هذه النتيجة في كل نظرية احتمالات مناسبة. ولهذا لا يحق اختيار أي نظرية احتمالات، كنظرية التواتر مثلاً، وانتقادها على أنها «على الأقل مفارقة نوعاً ما» لأنها تزودنا بهذه النتيجة الصحيحة تماماً. تجد انتقاداً من هذا النوع عند: William Calvert Kneale, *Probability and Induction* (Oxford: Clarendon Press, 1949), p. 156.

وفيما يتعلق بالمشكل الأخير «مشكلة نظرية الاحتمالات» ـ مشكلة سحب كرات مرقمة ـ فإن هجوم جيفريس على هؤلاء الذين يتكلمون على توزيع احتمالات الأرقام الأولية لا مبرر له إطلاقاً في نظري. انظر الهامش في: Jeffreys, *Theory of Probability*, p. 38.

ولكن هذا لا يعني أننا لا نستطيع التعبير عن الفرق في المضمون بين a_1 وa_2 [326] في بعض الحالات على الأقل بالاستعانة بالاحتمال. قد نستخلص من تضمن a_1 لـ a_2 منطقياً (بحيث تشتق a_2 وa_2 $a_1 \vee a_2$ بالتبادل) من دون أن يصح العكس أن

$$p(a_1,a_2) = p(a_1,a_1 \vee a_2) = 0 \text{ ؛ } p(a_2,a_1) = p(a_2,a_1 \vee a_2) = 1 \text{ ،}$$

رغم أن $p(a_1) = p(a_2) = 0$ في الوقت نفسه.

ونحصل في هذه الحالة على

$$p(a_1,a_1 \vee a_2) < p(a_2,a_1 \vee a_2)$$

وهو ما يشير إلى مضمون a_1 الأكبر.

يمكننا أن نأخذ بعين الاعتبار الفروق الموجودة في الواقع في المضمون وفي الاحتمال المنطقي المطلق والتي لا يمكن أن تعبر عنها القياسات مباشرة بقولنا إنه توجد «بنية دقيقة» في المضمون وفي الاحتمال المنطقي. وهذا ما يعطينا إمكانية الفصل بين المضامين والاحتمالات المطلقة الكبيرة ونظيراتها الصغيرة حتى في الحالات التي تكون فيها قياسات $Ct(a)$ و $p(a)$ خشنة وغير متحسسة لهذه الفروق أي في الحالات التي تعطي نتائج متساوية. سنستعمل للتعبير عن هذه البنية الدقيقة بدلاً عن الإشارتين المألوفتين « $>$ » و« $<$ » الرمزين « $\succ$ » («أعلى») و« $\prec$ » («أخفض»). (كما يمكن استخدام « $\succcurlyeq$ » («أعلى أو على نفس العلو») و« $\preccurlyeq$ »). [327] يمكن شرح استعمال هذه الرموز بالاستعانة بالقواعد التالية :

(1) « $Ct(a) \succ Ct(b)$ » ومنه مكافئه « $p(a) \prec p(b)$ » يستعملان للإعلان أن مضمون a أكبر من مضمون b ـ على الأقل بمعنى البنية الدقيقة للمضمون. ومن هنا سنقبل أن $Ct(a) \succ Ct(b)$ يقتضي منطقياً $Ct(a) \succcurlyeq Ct(b)$ وأن هذه الأخيرة تقتضي $Ct(a) \geq Ct(b)$ أي بطلان $Ct(a) < Ct(b)$. ولا تصح أي من الاقتضاءات المضادة.

(2) تقتضي العلاقتان $Ct(a) \succcurlyeq Ct(b)$ و $Ct(a) \preccurlyeq Ct(b)$ معاً أن $Ct(a) = Ct(b)$، لأن $Ct(a) = Ct(b)$ يتواءم مع $Ct(a) \succ Ct(b)$ ومع $Ct(a) \prec Ct(b)$ وبطبيعة الحال مع $Ct(a) \succcurlyeq Ct(b)$ و $Ct(a) \preccurlyeq Ct(b)$ أيضاً.

(3) تقتضي $Ct(a) > Ct(b)$ دوماً $Ct(a) \succ Ct(b)$.

(4) وتصح قواعد مقابلة من $p(a) \succ p(b)$ الخ.

ويمثل أمامنا الآن مشكل تعيين الحالات التي يصح فيها القول إن

$Ct(a) \succ Ct(b)$ رغم أن $Ct(a) = Ct(b)$. والأمر واضح تماماً في عدد من الحالات. كما في حالة الاقتضاء وحيد الجانب لـ b من a وفي حالة $p(a,avb) < p(b,avb)$. أقترح القاعدة التالية :

عندما يصح $Ct(a) > Ct(b)$ وبالتالي $Ct(a) \succ Ct(b)$ بحسب (3) من أجل كل العوالم المنتهية والكبيرة بما فيه الكفاية (أي من أجل كل العوالم ذات حدود عددها أكبر من العدد N الكبير بما فيه الكفاية) فإننا سنحتفظ بالعلاقة $Ct(a) \succ Ct(b)$ من أجل عالم لا منتهٍ حتى عندما نحصل على $Ct(a) = Ct(b)$ من أجل عالم لا منتهٍ.

تشمل هذه القاعدة على ما يبدو أغلب الحالات ذات الأهمية ولعلها تشمل كل الحالات[24].

تخضع مشكلة النظريتين a_1 = «كل الكواكب تتحرك على دوائر» وa_2 = «كل الكواكب تتحرك على قطوع ناقصة» إلى قواعدنا وضوحاً، ويصح الشيء نفسه كذلك على مقارنة a_1 مع a_3 = «كل الكواكب تتحرك على قطوع ناقصة ذات اختلافات مركزية لا تساوي الصفر»؛ لأن $p(a_3) > p(a_1)$ سيصح في كل العوالم المنتهية بما فيه الكفاية (عالم الأرصاد الممكنة مثلاً) بأبسط المعاني، أي بوجود إمكانيات أكثر تتواءم مع a_3 من تلك التي تتواءم مع a_1. ولدينا أيضاً من وجهة نظر نظرية القياس

$$p(a_1,a_1 v a_3) < p(a_3,a_1 v a_3)$$

[328] لا يتوقف مفعول البنية الدقيقة للمضمون والاحتمال الذي ناقشناه على الحدين 0 و1 لمجال الاحتمال وإنما يمتد مبدئياً على كل الاحتمالات بين 0 و1. ذلك أنه ليكن a_1 وa_2 قانونين عامين ولتكن العلاقتان $p(a_1) = p(a_2) = 0$ و$p(a_1) \prec p(a_2)$ صحيحتين كما سبق. ولنفرض أن b غير مقتضى لا من a_1 ولا من a_2 ولا من نفيهما وليكن احتماله $0 < p(b) = r < 1$.

---

(24) نوقشت مسائل مشابهة بتفصيل كبير في نشرة جون كيمني المحفزة فعلاً: John G. Kemeney, «A Logical Measure Function,» *Journal of Symbolic Logic*, vol. 18, no.4 (1953), pp. 289ff. إن نموذج كيمني اللغوي هو ثاني هذه النماذج التي أشرت إليها في مقدمة هذا الكتاب الثانية لعام 1959. وهو في نظري، ومن بعيد، أكثر هذه اللغات الثلاثة إثارة. إلا أن في لغة كيمني، كما يبيّن في الصفحة 294 من المصدر المذكور، مبرهنات لا تناهٍ ـ كالمبدأ القائل أن بعد كل عدد يأتي عدد آخر مثلاً ـ يستحيل البرهان عليها. ولذا فإنه لا يمكنها احتواء نظمة الحساب المعتادة.

لدينا عندئذٍ

$$p(a_1 v b) = p(a_2 v b) = r$$

وفي نفس الوقت

$$p(a_1 v b) \prec p(a_2 v b)$$

ولدينا على نفس النحو

$$p(\bar{a}_1 b) = p(\bar{a}_2 b) = r$$

وفي نفس الوقت

$$p(\bar{a}_1 b) \succ p(\bar{a}_2 b)$$

لأن $p(\bar{a}_1) \succ p(\bar{a}_2)$ على الرغم طبعاً من $p(\bar{a}_1) = p(\bar{a}_2) = 1$. ومن هنا يمكننا أن نضيف c_1 لكل b يحقق $p(b) = r$ بحيث $p(c_1) = p(b)$ و$p(c_1) \prec p(b)$ وكذلك c_2 بحيث $p(c_2) = p(b)$ و$p(c_2) \succ p(b)$.

إن الوضع المناقش هنا هام لمعالجة بساطة وأبعاد نظرية ما. وهي المشكلة التي سنناقشها بتعمق في الملحق القادم.

*إضافة (1968): أشرت في الفقرة الأخيرة من هذا الملحق إلى أهمية فكرة البنية الدقيقة لمقارنة البساطة ومقارنة الأبعاد. إلا أن العكس صحيح أيضاً: فالبساطة والأبعاد هامة في نظرية البنية الدقيقة، كما يستخلص من الصفحات القادمة[25].

ولما كان البعد هو بعد بالنسبة إلى حقل تطبيق وبالتالي، كما هو مبيّن في الصفحة 438، بالنسبة إلى مجموعة من المشاكل فإن هذا التنسيب هام في البنية الدقيقة لمضمون النظرية وبالتالي في «جودة» النظرية[26].

إضافة (1982): أوجزنا وحَسّنّا في الملحق السادس عشر الحجة المتعلقة بانعدام احتمال القوانين العامة (1981). توجد في الملحق السابع عشر* (1981) محاكمة مستقلة عن هذه تبيّن عدم الصلة بين حساب الاحتمال والاستقراء أو بايز[27].

---

(25) انظر على وجه الخصوص الصيغة (1) ص 432 من هذا الكتاب.

(26) انظر أيضاً ص 474، الهامش رقم (11*)، والصفحات 301، 302 من هذا الكتاب.

(27) انظر أيضاً الملحق الثامن عشر* (1982) من هذا الكتاب.

الملحق الثامن*

المضمون والبساطة والبعد

إنني كما أعلنت في متن هذا الكتاب[1] لست من أنصار تقييد حرية حركة لغة العلم بمنع العلمي من استعمال أفكار جديدة، محمولات، مفاهيم «غامضة» أو كل ما يمكن استعماله كلما تبدت له الحاجة لذلك. وإني على هذا الأساس لا أتفق مع هؤلاء الفلاسفة الذين يحاولون هذه الأيام بأشكال مختلفة إدخال طريقة الحساب الاصطناعي أو نظمات اللغات في النظرية العلمية بزعم أنها نماذج «للغة علمية مبسطة». وأعتقد أن هذه المحاولات لم تكن فقط من دون جدوى حتى الآن وإنما أسهمت في الغموض واللبس اللذين يسودان النظرية العلمية في الوقت الحاضر.

يمكننا، كما شرحنا باختصار في الفقرة 38 وفي الملحق الأول، إدخال مقلوب أصغر عدد من القضايا الذرية المتطلبة لدحض النظرية كمقياس لمضمون هذه النظرية ـ شريطة أن تكون تحت تصرفنا قضايا ذرية (مطلقة) ـ أو، ما يعود إلى نفس الشيء، محمولات ذرية مطلقة. لأن درجة مضمون نظرية ما هي نفس درجة قابلية فحصها أو درجة دحوضها. وهكذا فإن النظرية الدحوضة بعدد أقل من القضايا الذرية هي النظرية الأسهل دحضاً والأسهل فحصاً وبالتالي الأغنى مضموناً. (أو باختصار: كلما قل عدد القضايا الذرية المطلوبة لبناء إمكانية تفنيد كلما كبر مضمون النظرية).

ولكني لا أريد القيام بعملياتي بتخيل القضايا الذرية ولا العمل ضمن نظمة لغة اصطناعية تضع القضايا الذرية تحت تصرفنا. لأنه يبدو لي في منتهى الوضوح أنه لا وجود لمحمولات ذرية «طبيعية» في العلم. لقد أدركت محمولات مثل «إنسان»، «فان» من قبل بعض المناطقة القدماء وكأنها محمولات ذرية. أما كارناب

---

(1) انظر الفقرة 38 من هذا الكتاب وخاصة النص بعد الهامش رقم (20)، ص 157 وبعدها، والملحق القديم الأول ص 305 وبعدها، ومقدمة هذا الكتاب الثانية، لعام 1959.

فقد استعمل «أزرق» أو «ساخن» كمثل على المحمولات الذرية ولعل ذلك يعود إلى أن «إنسان» و«فان» مفهومان جد معقدين يمكن تعريفهما، كما يخيل للبعض، [330] بالاستعانة بمفاهيم أبسط مثل «أزرق» و«ساخن». إلا أن ما يطبع النقاش العلمي هو أنه لا يعالج لا هذه المحمولات ولا أي محمولات أخرى كذرية (مطلقة). يمكن أن ننظر بحسب المشكل المعروض للمناقشة لا إلى مفهومي «إنسان» و«فان» وحدهما كمفاهيم في غاية التعقيد وإنما «لأزرق» و«ساخن» أيضاً؛ إلى الأزرق على أنه لون السماء الذي تفسره الفيزياء الذرية. ويمكن في ظروف معينة النظر إلى الاصطلاح «أزرق» الظاهرياتي كقابل للتعريف ـ كمميز لصور مرئية مرتبطة بحالات فيزيولوجية معينة ـ إن ما يطبع المناقشة العلمية هو سيرها الحر: ولو نجحت محاولة تجريدها من حريتها في تقييدها على فراش بروكرست (Prokrustes) لنظمة لغة معدة سلفاً لكان ذلك نهاية العلم.

وعلى هذا الأساس فقد رفضت منذ البداية فكرة استعمال القضايا الذرية لقياس درجة المضمون أو البساطة لنظرية ما؛ واقترحت عوضاً من ذلك إدخال فكرة القضايا الذرية نسبياً إضافة إلى فكرة حقل من القضايا الذرية نسبياً بالنظر إلى نظرية ما أو إلى صف من النظريات، حقل وثيق الصلة بفحصها: نفسر هذا الحقل «F» على أنه حقل تطبيق النظرية أو صف النظريات المنشئة[*1].

وعندما ننظر من جديد كما فعلنا في الملحق السابق إلى النظريتين a_1 = «كل الكواكب تتحرك على دوائر» وa_2 = «كل الكواكب تتحرك على قطوع ناقصة» كمثل فيمكننا عندئذٍ اعتبار الحقل كل القضايا ذات الشكل «في اللحظة x كان الكوكب y في الوضع z». وستصبح هذه القضايا قضايانا الذرية نسبياً. وإذا فرضنا أننا نعلم سابقاً أن المسار منحنٍ مستوٍ، فبمقدورنا تمثيل الحقل بورقة بيانية ميلليمترية وتسجيل مختلف الأوضاع على هذه الورقة ومعها تسجيل الزمن واسم الكوكب الذي يعنينا بحيث يمثل كل تسجيل إحدى القضايا الذرية نسبياً. (ويمكن طبعاً إدخال البعد الزمني في التمثيل بأن نحدد الوضع بواسطة إبرة يمثل طولها الزمن انطلاقاً من نقطة اعتبرناها نقطة الزمن صفر؛ ويمكن لإبر ذات ألوان مختلفة الإشارة إلى أسماء الكواكب المختلفة).

لقد شرحنا ـ وبشكل رئيسي في الفقرات 40-46 وفي ملحقي القديم الأول ـ

(*1) نضع $Ct_F(a) = p_F(\bar{a}) = 1/d_F(a) + 1$ وتعني «Ct_F» هنا «المضمون بالنسبة لـ F». قارن أيضاً ص 157، 158، 305، 306، والإضافة ص 438، من هذا الكتاب.

كيف يمكن استعمال العدد الأصغر من القضايا الذرية نسبياً الضروري لدحض نظرية معينة كقياس لعقدية هذه النظرية. وتبيّن أنه من الممكن قياس البساطة [331] الصورية لنظرية ما بواسطة ندرة عدد وسطائها على ألا تكون هذه الندرة نتيجة اختزال «صوري» (خلافاً «للمادي») لعدد الوسطاء[2].

وتعود كل هذه المقارنات لبساطة أو مضمون النظريات بوضوح إلى مقارنة البنية الدقيقة للمضمون كما حللنا ذلك في الملحق السابق لأن كل الاحتمالات المطلقة لكل هذه النظريات تصبح متساوية (ومساوية للصفر تحديداً). وأريد أن أبيّن الآن أن عدد الوسطاء في نظرية ما (بالنسبة لحقل تطبيق ما) يمكن في واقع الأمر تفسيره كقياس للبنية الدقيقة لمحتواها.

وعليّ لهذا الغرض أن أبيّن صحة ما يلي: إن النظرية ذات عدد الوسطاء الأكبر، في عالم منته كبير بما فيه الكفاية، أكثر احتمالاً (بالمعنى التقليدي) من النظرية ذات عدد الوسطاء الأصغر ـ بفرض أن النظريتين متنافستان.

ويمكن تبيان ذلك على النحو التالي: إن عالم الأحداث الممكنة، في حالة حقل تطبيق هندسي مستمر، والموصوفة كل منها بقضية ذرية نسبياً ممكنة، لامنته طبعاً. يمكننا في هذه الحالة، وكما بيّنا في الفقرة 38 والتي تلتها، مقارنة النظريتين بالنظر إلى بعد الإمكانيات (وليس عددها) التي تتركها مفتوحة أي عدد الإمكانيات المواتية لها. وما يحصل هو أن بعد هذه الإمكانيات يساوي عدد الوسطاء. ونستبدل الآن عالم القضايا الذرية نسبياً اللامنته بعالم قضايا ذرية نسبياً منته (ولكنه كبير جداً) يقابل مثل رقعة الشطرنج في الملحق السابق[3]. أي أننا نقبل أن تقترن كل قضية نسبياً بمربع صغير ضلعه ε في المستوي، بدلاً من اقترانها بنقطة، يمثل وضع الكوكب كما نقبل عدم تقاطع الأوضاع الممكنة[4]. وعلى خلاف ما فعلناه في مثل الملحق السابق فإن «أشباه المنحنيات» (بعرض يساوي ε تقريباً) ستحل محل المنحنيات المختلفة التي تمثل نظرياتنا هندسياً عادة أي أننا سنستعمل مجموعات أو سلاسل من المربعات. وبهذا نصل إلى عدد منته من النظريات الممكنة (بقدر ما تؤدي إلى نتائج مختلفة).

---

(2) قارن بشكل خاص الفقرتين 40 و44 وما بعدها، والملحق الأول من هذا الكتاب.

(3) قارن الملحق السابع*، النص المتعلق بالهامش رقم (19)، ص 422 من هذا الكتاب.

(4) يبسط هذا القبول بعدم تقاطع الأوضاع عرضنا، يمكننا أن نقبل أيضاً، وليس هذا بالأمر الأسوأ، بتراكب المربعات المتجاورة جزئياً زوجاً زوجاً ـ لنقل بربع مساحتها. ويمكننا استبدال المربعات بدوائر تتراكب بعضها على بعض بحيث تغطي كامل السطح. وهذا القبول أقرب إلى تفسير «الوضع» باعتبار أنه نتيجة لقياس المكان، وهي نتيجة يستحيل أن تكون مضبوطة تماماً.

[332] وننظر الآن إلى تمثيل نظرية بـ d وسيط، ممثلة في حالة الاستمرار بمستمر ذي d بعداً تمثل نقاطه (d-ضعفا) كل واحدة منها منحن. ونجد أننا نستطيع استعمال طريقة تمثيل مشابهة سوى أن المستمر ذا الـ d بعداً يستبدل بترتيب ذي d-بعداً «لمكعبات» (ضلعها ε) بـ d-بعداً. وتمثل كل سلسلة من هذه المكعبات الصغيرة «شبه منحن» أي إحدى الإمكانيات المواتية للنظرية. ويمثل الترتيب ذو الـ d بعداً مجموعة أشباه المنحنيات المتلائمة مع النظرية أو المواتية لها.

ويمكننا الآن القول إن النظرية ذات عدد الوسطاء الأقل ـ مجموعة أشباه المنحنيات الممثلة بترتيب أقل أبعاداً ـ لن يكون لها أبعاد أقل فحسب وإنما تحتوي أيضاً على عدد أقل من «المكعبات» أي على عدد أقل من الإمكانيات المواتية.

وهكذا يصبح تطبيق نتائج الملحق السابق مبرراً، إذا كان عدد وسطاء a_1 أقل من عدد وسطاء a_2 وكانتا متنافستين معا فيصح عندئذ في عالم كبير بما فيه الكفاية ولكنه منته

$$p(a_1) < p(a_2)$$

ومنه

$$p(a_1) \prec p(a_2) \qquad (*)$$

وتبقى الصيغة (*) صحيحة عندما نفرض أن ε يتناهى نحو الصفر، وهو ما يعادل في النهاية استبدال عالم منته بآخر لامنته. ونكون بذلك قد وصلنا إلى المبرهنة التالية:

(1) إذا كان عدد وسطاء a_1 أصغر من عدد وسطاء a_2 فإن قبولنا أن

$$p(a_1) > p(a_2)$$

يناقض قوانين حساب الاحتمالات، كما يناقض بعض فروض الانتقال إلى الحد.

عندما نرمز بـ $d_F(a)$ أو على شكل أبسط بـ $d(a)$ لبعد النظرية (بالنسبة إلى حقل تطبيق F) فيمكننا عندئذٍ صياغة المبرهنة على النحو التالي

(1) إذا كان $d(a_1) < d(a_2)$ فإن $p(a_1) \prec p(a_2)$؛ ومن هنا فإن «$p(a_1) > p(a_2)$» لا تتواءم مع «$d(a_1) < d(a_2)$».

تتفق هذه المبرهنة (وهي محتواة ضمنياً في متن الكتاب) مع الأفكار التالية:

تتطلب نظرية ما لدحضها $d(a) + 1$ قضية ذرية نسبياً على الأقل. ويتكون «أضعف مفنديها» كما يمكننا تسميته من ترافق $d(a) + 1$ قضية ذرية نسبياً. أي أنه عندما تكون $n \leq d(a) + 1$ فلن يكون ترافق n قضية ذرية نسبياً قوياً منطقياً بما فيه الكفاية بحيث يمكن اشتقاق $\bar{a}$، أي نفي النظرية، منه. وبالتالي فإن قوة $\bar{a}$ أو محتواه مقيس [333] بـ $d(a) + 1$ لأن a أقوى من أي ترافق من $d(a)$ قضية ذرية نسبياً ولكنها وبكل تأكيد ليست أقوى من بعض الترافقات المؤلفة من $d(a) + 1$ قضية من هذا النوع. إلا أننا نعلم من قاعدة الاحتمال

$$p(\bar{a}) = 1 - p(a) = Ct(a)$$

أن احتمال نظرية ما a يتناقص بارتفاع احتمال نفيها $\bar{a}$ والعكس بالعكس وأن نفس العلاقات تصح على مضامين a و$\bar{a}$. وهذا ما يرينا مرة أخرى أن $d(a_1) < d(a_2)$ تعني أن مضمون a_1 أكبر من مضمون a_2 ومنه أن $d(a_1) < d(a_2)$ تقتضي منطقياً أن $p(a_1) \prec p(a_2)$، أي أنه لا يتواءم مع $p(a_1) > p(a_2)$. ولكن هذه النتيجة ليست شيئاً آخر سوى المبرهنة المشتقة أعلاه (1).

لقد اشتقت المبرهنة (1) من اعتبارات تتعلق بالعوالم المنتهية وهي بالتالي مستقلة كلياً عن الانتقال إلى العوالم اللامنتهية. ولهذا فهي مستقلة عن الصيغتين (1) و(2) من الملحق السابق أي عن صحة العلاقة التالية في عالم لامنته

$$p(a) = p(a,e) = 0 \qquad (2)$$

حيث a أي قانون عام وe أي إثباتات واقع منتهية.

وهذا ما يبرر لنا استعمال الصيغة (1) لاشتقاق آخر لـ (2)؛ وهو ما يمكن القيام به باستعمال فكرة تعود إلى دوروتي فرينش وهارولد جيفريس.

وكما أشرنا في الملحق السابق[5] فقد لاحظ هذان المؤلفان ما يلي: عندما يكون لدينا عدد لامنته من النظريات غير المتوائمة والتي تنفي كل واحدة منها الأخرى فلا يمكن لمجموع احتمالات هذه النظريات أن يتجاوز الواحد بحيث يجب أن تكون احتمالات كل هذه النظريات تقريباً مساوية للصفر، إلا إذا استطعنا ترتيب هذه النظريات في متتالية وعزو قيم احتمال كسرية تشكل متتالية متقاربة لا يتجاوز مجموعها الواحد. يمكننا على سبيل المثال عزو القيم التالية: ننسب

(5) قارن الملحق السابع* من هذا الكتاب، ص 421 وما يليها، والنص المتعلق بالهامش رقم (17) فيه.

للنظرية الأولى وللثانية $1/2^2$ وبصورة عامة للنظرية n القيمة $1/2^n$. يمكننا أيضاً أن نسب لكل من النظريات الـ 25 الأولى القيمة 1/50 أي (1/2 .25) ولكل من النظريات المائة التي تليها القيمة 1/400 أي ($1/(2^2 .100$) الخ.

وكيفما رتبنا نظرياتنا وكيفما كانت القيم التي عزوناها للاحتمالات فإن هناك على الدوام قيمة احتمال أكبر من كل القيم الأخرى نرمز لها بـ P (وهي 1/2 في مثلنا الأول و1/50 في الثاني)؛ وهذه القيمة P معزوة إلى n نظرية على الأكثر [334] (حيث n عدد منته و$n.P<1$). ولكل نظرية من هذه الـ n نظرية التي عزي إليها الاحتمال الأقصى P بعد. وليكن D أكبر هذه الأبعاد الموجودة لهذه النظريات وa_1 إحدى هذه النظريات ذات البعد D : $d(a_1) = D$. وواضح أنه لن تكون عندئذ أي نظرية بعدها أكبر من D من بين النظريات n ذات الاحتمال الأكبر. لتكن a_2 نظرية بعدها أكبر من D، $d(a_2) > D = d(a_1)$. عندئذٍ يؤدي ترتيب قيم الاحتمال إلى

$$p(a_1) > p(a_2) \text{ و } d(a_1) < d(a_2) \qquad (-)$$

تنقض هذه النتيجة مبرهنتنا (1). إلا أن نسب القيم على الشكل الموصوف أعلاه يؤدي لا محالة إلى هذه النتيجة إذا كنا لا نريد عزو نفس الاحتمال ـ أي صفر ـ إلى كل النظريات. ومن هنا فإنه من الضروري انطلاقاً من مبرهنتنا عزو الاحتمال صفر لكل النظريات.

لقد توصل فرينش وجيفريس من جهتهما إلى نتيجة مختلفة تماماً. فهما يريان أن إمكانية المعرفة التجريبية تتطلب إمكانية رفع احتمال قانون ما وذلك بجمع إثباتات الواقع المواتية له. ويستخلصان من هذا وجوب بطلان (2) ويذهبان أبعد من ذلك إلى القول بوجوب وجود طريقة مشروعة تعزو إلى متتالية غير منتهية من النظريات الشارحة احتمالات مختلفة عن الصفر. وهكذا يصل فرينش وجيفريس إلى استنباطات إيجابية وقوية جداً من المحاجة «المتعالية» (كما سميتها في ملحقي السابق)[6]. وهما يعتقدان أن تزايد الاحتمال هو أيضاً تزايد في العلم (بحيث يصبح هدف العلم الوصول إلى الاحتمال الأعلى)، غاضين النظر عن الإمكانية التالية (التي فصلناها هنا): إن الخبرة تعلمنا باستمرار شيئاً جديداً عن القوانين الطبيعية من دون أن يرفع ذلك احتمالها؛ وأننا نستطيع على الدوام تفحص هذه القوانين على نحو أفضل وتعزيزها وبالتالي رفع درجة تعزيزها من دون أن نغير احتمالها، الذي تبقى قيمته معدومة.

---

(6) قارن الهامش رقم (9) في الملحق السابع*، ص 417 من هذا الكتاب.

لم يصف فرينش وجيفريس متتالية النظريات وعزو قيم الاحتمال بوضوح كافٍ قط. لقد كانت فكرتهما الرئيسية المسماة «مصادرة البساطة»[7] أنه يجب [335] ترتيب النظريات بحيث تتزايد عقديتها، أي عدد وسطائها بينما تتناقص الاحتمالات المعزوة إليها، وهو ما يعني بالمناسبة أن أي نظريتين من المتتالية تنقضان مبرهنتنا (1). إلا أنه لا يمكن إجراء هذا النوع من الترتيب كما لاحظ جيفريس نفسه. ذلك أنه توجد نظريات لها نفس عدد الوسطاء، وأعطى بنفسه كمثل على ذلك $y = ax$ و$y = ax^2$ وقال عنهما «إنه يمكن اعتبار القوانين التي تشمل نفس عدد الوسطاء أن لها نفس الاحتمال القبلي»[8]. إلا أن عدد القوانين التي لها نفس الاحتمال القبلي لامنته لأنه يمكن متابعة أمثلة جيفريس بالذات إلى ما لا نهاية: $y = ax^3$، $y = ax^4$، . . . $y = ax^n$ الخ مع $n \to \infty$. وهكذا يعود نفس المشكل من أجل كل عدد للوسطاء كما من أجل كل المتتالية.

إضافة إلى ذلك يعترف جيفريس في الفقرة 0 . 3[9] ذاتها أنه يمكن الحصول على قانون a_1 من قانون آخر a_2 يمتلك وسيطاً إضافياً وذلك بوضع هذا الوسيط مساوياً للصفر وأنه في هذه الحالة $p(a_1) < p(a_2)$، لأن a_1 حالة خاصة من a_2 وبالتالي يفتح عدداً أقل من الإمكانيات[10]. وهكذا يعترف جيفريس في هذه الحالة الخاصة أن للنظرية التي عدد وسطائها أقل احتمالاً أقل من النظرية التي عدد وسطائها أكثر ـ على اتفاق مع مبرهنتنا (1). إلا أنه لا يعترف بذلك إلا في هذه

---

(7) يقول جيفريس في الفقرة 3.0 من: Harold Jeffreys, *Theory of Probability*, International Series of Monographs on Physics; 1 (Oxford: Clarendon Press, 1939), and 2nd ed., 1948, عن «مصادرة البساطة» إنها «ليست مصادرة منفصلة وإنما تطبيق مباشر للقاعدة 5». إلا أن كل ما تقوله القاعدة 5 استناداً إلى القاعدة 4 (وكلاهما موجودتان في الفقرة 1 . 1 من المصدر المذكور) هو «مبدأ التعالي» في شكل في منتهى الغموض. ولهذا فإننا لسنا بحاجة لأخذها بعين الاعتبار [أود أن أشير الآن، لعام 1968، إلى أن جيفريس في الطبعة الثالثة للكتاب نفسه لعام (1961) قد حذف كل الفقرة 0 . 3 باستثناء السطور الأحد عشر الأولى ـ أي حوالى صفحتين ونصف ـ أي كل المقاطع التي أثرت حولها الانتباه عام 1959 في هذا الهامش وفي الهوامش أرقام (8) ـ (11) من هذا الملحق. يبدو لي أن هذا الحذف في الطبعة الثالثة هو تنازل ضمني أمام انتقاداتي].

(8) انظر الفقرة 0 . 3 في: المصدر نفسه، ص 95، 1938، والطبعة الثانية، ص 100، وليس في الطبعة الثالثة.

(9) المصدر نفسه، 1938، ص 92، وص 101 من الطبعة الثانية، وأهمل هذا المقطع في الطبعة الثالثة.

(10) يلاحظ جيفريس في: المصدر نفسه، أن «نصف الاحتمال القبلي [لـ a_2] مركز في $\alpha_{m+1} = 0$» ويبدو أنه يعني أن $p(a_1) = p(a_2)/2$؛ إلا أن هذه القاعدة تقود إلى تناقضات إذا كان عدد وسطاء a_2 أكبر من 2. [لا يوجد المقطع المناقش هنا في الطبعة الثالثة لكتاب جيفريس واستبدل على ما يبدو بالملاحظة في الفقرة 1,62، ص 49-50].

الحالة الخاصة ولا يعلق بشيء على واقع إمكانية قيام تناقض بين مصادرة البساطة عنده وهذه الحالة. ولم يحاول قط أن يبيّن عدم وجود تناقض بين مصادرة البساطة ونظمة موضوعاته؛ وكان من الواجب عليه نظراً للحالة الخاصة المشار إليها (والناتجة طبعاً عن نظمة موضوعاته) أن يشعر بوضوح بالحاجة الملحة للبرهان على عدم التناقض.

تظهر اعتباراتنا أنه لا يمكن البرهان على الاتساق وأن «مصادرة البساطة» [336] تناقض بالضرورة كل نظمة موضوعات مناسبة للاحتمالات لأنها تنقض مبرهنتنا (1) لزوماً[11].

---

(11) يقول جيفريس ص 36 من الطبعة الثالثة من: المصدر نفسه، عام 1961 عن نظريته «لقد كان لزاماً علينا القيام بتقييد يوجب أن تكون لكل المنطوقات، المستعملة كمعطيات [أي كدليل ثانٍ في p(x,y)] احتمالات موجبة.. بالنسبة إلى H». ويعني هنا الاحتمال الموجب بالنسبة لـ H عملياً ما أعنيه «بالاحتمال المطلق الأكبر من الصفر»؛ ثم يقول إن هذا يسبب بعض «الصعوبات» التي يمكن تجنبها ويضيف في الهامش الملاحظة التالية: «يدعي الأستاذ ك. ر. بوبر، *Logic of Scientific Discovery* (الملحق الثامن) [والذي يجب أن يسمى الثامن*] أنه يستحيل تجنبها [هذه الصعوبات]. إلا أنني لا أرى أنه قد فكر بالقدر الكافي بمبدأ التقارب المناقش في الفقرة 62 .1 [من كتاب جيفريس]».

إن هذه الملاحظة غير مفهومة للأسباب الثلاثة التالية:

(1) أدخلت الفقرة الجديدة 62 .1 في الطبعة الثالثة. (كانت مهمة الفقرة 62 .1 الجلية إضعاف الاعتراضات في ملحقي الثامن* قدر الإمكان؛ من دون أي إشارة مباشرة إلى انتقادي ـ اللهم إلا الهامش المسرود أعلاه والموجود تسع صفحات قبل 62 .1). ولما كان كتابي قد نشر عام 1959، قبل أن تنشر الفقرة 62 .1 لجيفريس فقد كان يصعب علي آنذاك «أن أفكر بالقدر الكافي» بهذه الفقرة التي لم أكن أعرفها.

(2) لم يصغ «مبدأ التقارب» ولم يناقش في أي مكان من الفقرة 62 .1. لقد جاءت في حقيقة الأمر كلمات «شرط» (Condition ص 46)؛ و«شرط التقارب» (Condition of Convergence) مرتين ص 47) وأخيراً بعد ذلك بكثير «قاعدة التقارب» (Rule of Convergence) ص 49) ومن بعد «مبدأ التقارب» (Principle of Convergence، ص 50). إلا أن هذه التعابير لم تشرح في أي مكان ناهيك أن تكون قد نوقشت، رغم أن مجرى الأمور يجعلنا نفهم أن جيفريس يريد أن يشير مع كل هذه التعابير إلى واقع بسيط جداً فكرت فيه ملياً وناقشته ألا وهو أنه يمكننا في متتالية لامنتهية (عدودة) من القضايا النافية الواحدة للأخرى (نظريات مثلاً) عزو قيمة احتمال موجبة لكل من هذه القضايا بأني نعطي مثلاً القيمة $1/2^n$ للقضية رقم n.

(3) يعتقد جيفريس في الفقرة 62 .1 الجديدة بصحة «مصادرة البساطة» (Simplicity Postulat) التي وضعها رغم أنه يكتب بالذات الآن ما يلي:

(a) «لا أعتقد أن القاعدة [= مصادرة البساطة] التي اقترحناها [فرينش وجيفريس] مرضية (ص 48)».

(b) «لا أعلم ما إذا كانت مصادرة البساطة ستصاغ يوماً بشكل مضبوط بما فيه الكفاية لكي يتيح عزو احتمال محدد [= احتمال مطلق، احتمال قبلي] لكل قانون [= قانون طبيعة]» (ص 48). يؤكد هذان التنازلان على جدية الموقف؛ لقد تخلى جيفريس بالذات عن «مبدأ البساطة» معتبراً إياه غير مرض وهو المبدأ الذي صاغه برفقة فرينش، كما أثيرت الشكوك (المبررة) حول وجود صياغة مرضية. وعلينا عندئذ حل معضلة وجود مصادرة بساطة لا تتناقض مع بقية موضوعات حساب الاحتمالات كما هو عليه الحال في مصادرة جيفريس وفرينش. ذلك أن البرهان على عدم التناقض الذي تطلبته مستنداً إلى أسباب وجيهة سيصبح مستحيلاً وسنتخلى عنه منذ البداية إذا لم نجد صيغة مرضية لمصادرة البساطة. انظر أيضاً =

[337] أود في نهاية هذا الملحق محاولة إيجاد تفسير ممكن لما حدا فرينش وجيفريس على اعتبار «مصادرة البساطة» عندهما غير مؤذية ـ غير قادرة على خلق الصعوبات.

علينا ألا ننسى أنهما كانا أول من حدد البساطة وندرة عدد الوسطاء (أما أنا فإني لم أحدد هذين المقدارين مباشرة: إني أفرق بين اختزال صوري واختزال مادي لعدد الوسطاء[12] هكذا فإن ما يبدو حدسياً أنه البساطة يجب فهمه نوعاً ما كبساطة صورية؛ ومع ذلك فإن نظريتي في البساطة تتفق في هذه النقطة مع نظريتهما). ولقد رأيا بوضوح أن البساطة هي أحد ما يرمي العلمي إليه ـ أن العلميين يفضلون النظرية الأبسط على النظرية الأكثر تعقيداً وأنهم يختبرون لهذا السبب النظرية الأبسط أولاً. وهما في هذا كله على صواب. كما كانا على صواب عندما افترضا وجود عدد من النظريات البسيطة صغير نسبياً أمام عدد النظريات العقدية التي يزداد عددها بازدياد عدد وسطائها.

وقد قادهما هذا الواقع الأخير على ما يبدو إلى الاعتقاد بأن النظريات العقدية هي النظريات الأقل احتمالاً (لأن الاحتمال المتاح موزع بشكل ما بين مختلف النظريات). ولما كانا قد افترضا كذلك أن درجة أعلى من الاحتمال تشير إلى درجة أعلى من العلم وأنها لهذا السبب أحد أهداف العلمي، فقد ظنا أنه من البداهة اعتبار أبسط النظريات (وبالتالي المرغوب بها أكثر من غيرها) متطابقة مع النظريات الأكثر احتمالاً؛ وإلا لأصبحت أهداف العلميين غير متسقة. وهكذا بدأت مصادرة البساطة ضرورية بالبداهة وبالتالي وبالأولى خالية من التناقض.

إلا أننا ما أن نتفهم أن العلمي لا يطمح ولا يمكن أن يطمح إلى درجة احتمال أعلى وأن الشعور بالعكس راجع إلى الخلط بين فكرة الاحتمال الحدسية وبين فكرة حدسية أخرى[13] (نسميها درجة التعزيز) حتى يتضح لنا أن البساطة أو ندرة عدد [338]

= لمناقشتي مع جيفريس الهامش رقم (7) أعلاه؛ وكذا الهامش رقم (10) في الملحق الخامس*، وص 420 وما يليها من هذا الكتاب.

(12) قارن الفقرات 40، 44، و45 من هذا الكتاب.

(13) برهن في النقطة 8 من «مذكرتي الثالثة» المعاد طبعها في الملحق التاسع* من هذا الكتاب على ما يلي: إذا كانت h فرضية إحصائية تدعى أن $p(a,b) = 1$ فسيكون لهذه الفرضية بعد أن تكون قد اجتازت n فحصاً صارماً درجة التعزيز $n/(n+2) = 1 - (2/(n+2))$. يوجد تشابه ملحوظ بين هذه الصيغة وبين «قاعدة التوالي» للابلاس وبحسبها يكون احتمال اجتياز h الفحص القادم هو $(n+1)/(n+2) = 1 - (1/(n+2))$. قد يفسر لنا التشابه العددي لهاتين النتيجتين مضافاً إلى عدم التفريق بين الاحتمال والتعزيز النظر إلى نتيجة لابلاس (ونتائج أخرى مماثلة) حدسياً على أنها مرضية. أرى أن نتيجة لابلاس باطلة لأن فرضياته =

الوسطاء لا تتزايد مقترنة بالاحتمال وإنما بعدم الاحتمال ويتضح لنا مع ذلك أن درجة بساطة أعلى تسير جنباً مع درجة تعزيز أعلى. ذلك أن درجة قابلية فحص أعلى، أو قابلية فحص هي نفس الشيء كدرجة عدم احتمال قبلي أو بساطة.

لم نهتم في كل هذه المناقشة بمفهوم «المحتمل» قدر اهتمامنا بتحقيق لقوانين حساب الاحتمال التقليدية. ولما كان جيفريس وفرينش قد افترضا أن مفهومهما للاحتمال يحقق هذه القوانين فإن انتقادي ينطبق على هذا المفهوم.

سنناقش في الملحق القادم مشكلة التعزيز بالتفصيل.

* إضافة عام (1968). إنني كما أكدت في إضافة أخرى ص 173، 174 لا ألف وأدور في حال من الأحول حول جوهر البساطة أو حول تعريفها. إنني لا أهتم بالكلمات ولا بتفسيرها وإنما بالمشاكل الحقيقية وهنا وقبل كل شيء بمشكل الاستقراء المنهجي[14].

ولقد أعطيت منذ ذلك الحين لمقارنة البساطة شكلاً أكثر نسبية.

(1) لقد نسبت عام 1934 البعد ومعه البساطة على حقل تطبيق[15].

(2) وهذا يعني التنسيب على مشكل أو على دائرة مشاكل ومن ثم تنسيب مقارنة البساطة على صف من محاولات الحل المتنافسة (نظريات).

(3) تشكل المشاكل المرتبطة بعضها ببعض بشكل ملحوظ دوائر مشاكل. إن النظرية T_1 التي تحل مشاكل دائرة تحتوي على المشاكل التي تحلها T_2 هي نظرية ذات مضمون أكبر (نسبياً).

(4) إن العلاقة النظرية بين المشاكل أمر يمكن اكتشافه. ومن هنا فهو أمر يتعلق بالنظريات وبتطورها التاريخي. وهكذا فمن الممكن أن تتوقف بساطة نظرية على الوضع التاريخي للمشكل: على النظريات المقترحة وعلى تعزيزها. وهكذا يصبح مشكل المضمون أو مشكل البساطة لنظريةٍ ما جزئياً مشكلاً تاريخياً.

= في نظري (أفكر هنا بما سميته «توزيع لابلاس») غير قابلة للتطبيق في الحالات التي يعالجها؛ رغم أن هذه الفرضيات تصح في حالات أخرى؛ وتسمح لنا بتقويم الاحتمال المطلق لتقرير عن عينة إحصائية (مجموعة مساطر). قارن أسفله ص 456 وبعدها، وص 462 والتالية من هذا الكتاب.

(14) انظر ص 301 من هذا الكتاب، النقطة (1) حيث يوجد حل سلبي لهذا المشكل وكذلك حل إيجابي جزئياً.

(15) انظر ص 305، وانظر أيضاً ص 157-159.

[339]

الملحق التاسع*

التعزيز، وزن إثباتات الواقع والاختبارات الإحصائية

نشرت المذكرات الثلاث المعاد طبعها في هذا الملحق في *The British Journal for the Philosophy of Science*[1].

كنت أرى حتى قبل نشر كتابي عام 1934 أن مشكلة درجة التعزيز هي من بين المسائل التي تقتضي بحثاً دقيقاً. إن ما أقصده «بمشكلة درجة التعزيز» هو (*I*) كيف يمكن أن نبيّن وجود قياس لصرامة الفحوص (سنسميه درجة التعزيز) التي خضعت لها نظرية ما وكيف اجتازت هذه الفحوص بنجاح أم لا و(*II*) هل يمكن تبيان أن هذا القياس ليس احتمالاً وكيف يمكن ذلك أو بصورة أدق أنه لا يحقق القوانين الصورية لحساب الاحتمالات.

لقد احتوى كتابي على الخطوط الكبرى لحل هاتين المشكلتين ـ والثانية منهما على الخصوص. ولكني شعرت بالحاجة إلى شيء من الاستفاضة. فلم يكن كافياً أن نبيّن فشل نظريات الاحتمال الموجودة ـ نظريات كينز أو جيفريس مثلاً أو كايلا أو رايشنباخ. لم يستطع أي واحد منهم البرهان ولو على أطروحتهم الأساسية المشتركة: أنه لا يمكن أبداً لقانون عام، أو لنظرية، أن يبلغ قيمة احتمال أكبر من 2/ 1. (كما لم يفلحوا في البرهان على أنه يمكن لقانون عام، أو لنظرية، أن يكون له احتمال مختلف عن الصفر في أي حال من الأحوال). لقد كان من الضروري معالجة المشكلة على نحو شامل. ولذا فقد وضعت نصب عيني إنشاء حساب احتمالات صوري يقبل تفسيرات مختلفة. وكان في ذهني في هذا الصدد (*I*) التفسير المنطقي الذي عولج في خطوطه الكبرى في كتابي كاحتمال منطقي

(1) *British Journal for the Philosophy of Science*: 5 (1954), pp. 143ff.; 7 (1957), pp. 350ff., and 8 (1958), pp. 294ff. و (انظر أيضاً التصحيحات ص 334 و359)، و

(مطلق) للقضايا؛ (*II*) الاحتمال المنطقي النسبي للقضايا كما تصوره كينيز؛ (*III*) [340] تفسيره كحساب التواترات النسبية للمتتاليات؛ (*IV*) تفسيره كحساب لساحات لعب ـ أو لمحمولات أو لصفوف أو لمجموعات.

وكان الهدف النهائي بطبيعة الحال هو تبيان أن درجة التعزيز ليست احتمالاً أي أنها لا تنتمي إلى تفسيرات حساب الاحتمالات الممكنة. إلا أنه كان واضحاً لدي أن مهمة إنشاء حساب صوري، بالإضافة إلى حاجتنا إليها لتحقيق هدفنا، مسألة هامة بحد ذاتها.

قادت كل هذه الاعتبارات إلى نشرتي في *Mind*، المعاد طبعها في الملحق الثاني* وإلى بحوث أخرى امتدت لسنوات عديدة استهدفت في آن واحد تبسيط نظماتي الموضوعاتية وإقامة حساب احتمالات يمكن أن يأخذ فيه $p(a,b)$ ـ احتمال a بالنسبة إلى b ـ قيمة محددة بدلاً عن 0/ 0 حتى ولو كان $p(b)$ مساوياً للصفر. ومنشأ المشكلة طبعاً هو إخفاق التعريف

$$p(a,b) = p(ab)/p(b)$$

عندما يكون $p(b) = 0$[2].

كان حل هذه المشكلة ضرورياً لأني تحققت بسرعة أن عليّ أن أتعامل في تعريفي لـ $C(x,y)$ ـ درجة تعزيز النظرية x بإثباتات الواقع y ـ مع معاكس $p(y,x)$ سماه ر. آ. فيشر مصداقية x النسبية (*likelihood* (أرجحية)؟) (على ضوء الوقائع y أو بالنسبة لـ y). (لنلاحظ أن «المصداقية النسبية» لفيشر مثلها مثل «التعزيز» عندي يقيسان قبولية الفرضية x. وهكذا فالمهم هنا هو x بينما تمثل y الوقائع المادية المتغيرة أو كما أفضل أن أسميها التقارير عن نتائج الفحوص). وكنت مقتنعاً إنه في حالة كون x نظرية فإن $p(x) = 0$. ولهذا فقد رأيت أن من واجبي إنشاء حساب احتمال جديد تكون فيه «المصداقية» $p(y,x)$ عدداً معيناً مختلفاً عن 0/ 0 حتى ولو كانت x نظرية عامة و$p(x) = 0$[3].

وأود الآن أن أشرح باختصار منشأ مشكلة المصداقية النسبية (*likelihood*) $p(y,x)$ لـ x.

إذا طلب منا إعطاء معيار لكون الواقعة y تعزز أو تثبت القضية x فإن أوضح

(2) انظر لحلها الملحقين الرابع* والخامس* من هذا الكتاب.

(3) انظر الملحق السابع* من هذا الكتاب.

جواب منتظر هو «يجب أن تزيد y احتمال x» أي أن تغيره. يمكننا أن نعبر عن ذلك بالرمز بأن نكتب بدلاً من «إن x مؤيدة أو معززة من قبل y» «$Co(x,y)$» ويمكننا بالتالي صياغة المعيار على النحو التالي

(1) $Co(x,y)$ إذا وفقط إذا $p(x,y) > p(x)$

إلا أن في هذه الصياغة عيباً. لأنه إذا كانت x نظرية عامة وy إثبات واقع تجربي لا على التعيين فيصح عندئذٍ، كما رأينا في الملحقين السابقين[4] [341]

(2) $p(x) = 0 = p(x,y)$

مما سيعني أن الصيغة $Co(x,y)$ باطلة دوماً من أجل نظرية x وإثبات واقع y؛ أو بكلمات أخرى أنه لا يمكن أن يكون قانون عام مؤيداً أو معززاً أو مثبتاً أبداً بواقع مادي تجربي.

(يصح هذا لا على العوالم اللامنتهية وحدها وإنما يصح كذلك على كل عالم كبير جداً كعالمنا. لأن كلاً من $p(x,y)$ و$p(x)$ سيصبحان في هذه الحالة صغيرين إلى حد يستحيل معه قياسهما وبالتالي مساويين للصفر عملياً).

إلا أننا نتغلب على هذه الصعوبة على النحو التالي :

(3) $p(x,y) > p(x)$ إذا وإذا فقط $p(y,x) > p(y)$

وتتحول (1) عندئذ إلى

(4) $Co(x,y)$ إذا وإذا فقط $p(x,y) > p(x)$ أو $p(y,x) > p(y)$

والآن ليكن x من جديد قانوناً عاماً وy واقعة ناتجة عن x. في هذه الحالة، أي في كل مرة تنتج y عن x، سنقول بشكل حدسي أن $p(y,x) = 1$. وإذا كانت y إضافة إلى ذلك تجريبية بحيث يكون $p(y)$ أصغر من 1 بكل تأكيد، فإن (4) تطبق وتصبح الدعوى $Co(x,y)$ صحيحة. أي أن x معززة بـ y إذا كانت y ناتجة من x وبشرط واحد وهو أن يكون $p(y) < 1$. وهكذا فإن الصيغة (4) مرضية حدسياً تماماً. إلا أنه لكي نستطيع التعامل بحرية مع (4) فإننا نحتاج إلى حساب احتمالات يكون فيه $p(y,x)$ معرّفاً ـ في حالتنا $p(y,x) = 1$ ـ وليس 0/ 0 حتى عندما يكون $p(x) = 0$. ويجب علينا لتنفيذ ذلك تعميم الحساب المعتاد كما شرحنا أعلاه.

---

(4) انظر بشكل خاص الملحق السابع*، العلاقتين (1) و(2)، وكذا الملحق الثامن*، الصيغة (2) من هذا الكتاب.

ورغم أن هذا كان واضحاً تماماً في ذهني حين ظهرت مذكرتي في *Mind*[5] فقد منعتني مهمات أخرى عن متابعة عملي في هذا المجال. ولم أنشر نتائج أبحاثي حول مسألة درجة التعزيز إلا عام 1954 في المذكرة الأولى من المذكرات الثلاثة المعاد طبعها هنا. انقضت بعدها ستة شهور قبل أن أنشر نظمة موضوعات للاحتمال النسبي[6] تستجيب للمطالبة بكون $p(x,y)$ عدداً معيناً حتى في حالة كون $p(y) = 0$. (كانت هذه النظمة مكافئة للنظمة المعطاة في الملحق الرابع* وإن كانت أقل بساطة منها). وقد هيأ هذا العمل الأسس التقنية لوضع تعاريف مرضية للمصداقية النسبية عند فيشر ولدرجة التعزيز عندي. [342]

تتضمن مذكرتي الأولى «Degree of Confirmation» التي نشرت في *British Journal for the Philosophy of Science* عام 1954 دحضاً رياضياً لكل نظريات الاستقراء التي تسوي الدرجة التي يمكن أن تعزز بها قضية ما بواسطة الفحوص التجريبية بدرجة احتمالها (بمعنى حساب الاحتمالات). ويقوم الدحض على تبيان أن المساواة بين درجة التعزيز والاحتمال تجبرنا على قبول عدد من القضايا المفارقة إلى أبعد حد، من بينها هذه الدعاوى المتناقضة وضوحاً:

(*) توجد حالات تكون فيها x مدعومة بقوة من قبل z وy مزعزعة بقوة من قبل z وفي الوقت نفسه x معززة بـ z بدرجة أقل من تعزيز y بـ z.

يبيّن مثل بسيط معطى في النقطة 6 من مذكرتي الأولى[7] أن هذا الاستتباع المخرب إلزامي عندما نساوي بين التعزيز والاحتمال. ولما كانت مناقشة هذا المثل في الموضع المذكور قصيرة جداً فقد يكون من المفيد هنا إعادة شرح هذه المسألة مرة أخرى.

لننظر إلى الرمية التالية بنرد متجانس. ولتكن x القضية «ستكون نتيجة الرمية

---

(5) قارن الملحق الثاني* من هذا الكتاب.

(6) انظر: *British Journal for the Philosophy of Science*, 6 (1955), pp. 56 and 57.

(7) خلافاً للمثل المعطى هنا في النص فإن الأمثلة المعطاة في النقطتين 5 و6 من مذكرتي الأولى هي أبسط الأمثلة الممكنة لأنها تعمل بأصغر عدد ممكن من الصفات متساوية الاحتمال والنافية الواحدة للأخرى. ينطبق هذا أيضاً على المثل المعطى في هامش النقطة 5. (فيما يتعلق بالنقطة 5 يبدو أنه يوجد مثل مكافئ وإن كان أكثر تعقيداً في الفقرة 71 من كتاب كارناب: Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability* (Chicago: University of Chicago Press, 1950);

إلا أن عرض كارناب معقد إلى حد لم أستطع متابعته. أما ما يتعلق بنقطتي 6 فإني لم أجد لا عند كارناب ولا عند أحد غيره مثلاً مقابلاً).

الستة» ولتكن y نفي x أي أنه يصح $y = \bar{x}$ ولتكن z الأعلام «ستكون نتيجة الرمية عدداً زوجياً». لدينا إذاً الاحتمالات المطلقة التالية :

$$p(x) = 1/6 \quad ؛ \quad p(y) = 5/6 \quad و \quad p(z) = 1/2$$

ولدينا إضافة إلى ذلك الاحتمالات النسبية التالية :

$$p(x,z) = 1/3 ؛ p(y,z) = 2/3$$

نرى أن x قد دعمت بالإعلام z ذلك أن z ترفع احتمال x من $1/6$ إلى $2/6 = 1/3$. ونرى كذلك أن y قد زعزعت بـ z لأن z خفضت احتمال y بنفس المقدار من $5/6$ إلى $4/6 = 2/3$. ومع ذلك فإن $p(x,z) < p(y,z)$. يبرهن هذا المثل [343] على المبرهنة التالية :

(5) توجد قضايا x، y، z تحقق

$$p(x,z) > p(x) \quad \& \, p(y,z) < p(y) \quad \& \, p(x,z) < p(y,z)$$

وواضح أننا نستطيع استبدال $p(y,z) < p(y)$ بالعلاقة الأضعف $p(y,z) \leq p(y)$.

ليست هذه المبرهنة مفارقة طبعاً ويصح الأمر نفسه على لازمتها (6) التي نحصل عليها عندما نبدل بالترتيب التعابير $p(x,z) > p(x)$، $p(y,z) \leq p(y)$ بـ $Co(x,z)$ وبـ $\sim Co(y,z)$ أي لا $Co(y,z)$:

(6) توجد قضايا x، y، z تحقق الصيغة التالية :

$$Co(x,z) \quad \& \quad \sim Co(y,z) \; \& \; p(x,z) < p(y,z)$$

إن ما تنطق به المبرهنة (6) مثلها مثل (5) هو الواقع التالي الذي برهنا عليه بمثلنا : يمكن لـ x أن تكون مدعومة من قبل z، y مزعزعة من قبل z ومع ذلك فإنه من الممكن أن يكون x أقل احتمالاً بالنسبة لـ z من y بالنسبة لـ z.

إلا أن تناقضاً واضحاً سيظهر على الفور إذا وضعنا في الصيغة (6) درجة التعزيز $C(a,b)$ بدلاً عن الاحتمال $p(a,b)$؛ لأننا سنحصل على الصيغة المتناقضة.

$$(**) \quad Co(x,z) \quad \& \quad \sim Co(y,z) \; \& \; C(x,z) < C(y,z)$$

التي تقول «إن x وليس y هي المدعومة أو المعززة من قبل z؛ وفي الوقت نفسه فإن x أسوأ تعزيزاً من قبل z من y».

وهكذا نكون قد برهنا أن مساواة درجة التعزيز بالاحتمال (وكذلك أيضاً بالمصداقية النسبية أو «*likelihood*») خلفي سواء انطلقنا من أسس صورية أو حدسية: تقود هذه المساواة إلى تناقض منطقي.

ويمكن هنا فهم التعبير «درجة التعزيز» بمعنى أوسع من الذي قصدته. فبينما أرى فيه عادة مرادفاً «لدرجة صرامة الفحوص التي اجتازتها نظرية ما» فإنه مستعمل هنا كدرجة الدعم الذي تتلقاه القضية x من القضية y ليس إلا.

ونرى عندما نتمعن النظر في هذا البرهان أنه يرتكز على قبول أمرين

(a) الصيغة (1)

(b) قبول أن كل دعوى من الشكل التالي متناقضة:

(***) إن لـ x الصفة P (الصفة «ساخن» على سبيل المثال) وليس لـ y الصفة P ولـ y الصفة P بدرجة أعلى من x (y أسخن من x على سبيل المثال).

[344] يمكن لكل قارئ منتبه لمذكرتي الأولى (وخاصة للمثال في النقطة 6 ص 450، 451 أسفله) أن يتحقق أن هذا العمل يحتوي ضمنياً على كل نقاط التحليل التي استخلصناها أعلاه باستثناء الصيغة (***) للمتناقضتين (*) و(**). لا ننكر أن التحليل هنا أكثر تفصيلاً إلا أن الغرض الرئيسي من المذكرة لم يكن الانتقاد بقدر ما كان صياغة تعريف لدرجة التعزيز.

لقد كان الانتقاد الذي احتوته مذكرتي موجهاً لكل الذين ساووا على نحو صريح أو ضمني بين درجة التعزيز أو التثبت أو القبولية وبين الاحتمال. وكان الفلاسفة الذين فكرت فيهم على درجة الخصوص هم كينيز، جيفريس، رايشنباخ، كايلا، هوزياسون وحديثاً كارناب.

ففيما يتعلق بكينيز فقد كتبت هامشاً منتقداً أعتقد أنه يتكلم على نفسه. وكان الداعي إلى ذلك أن كارناب في عرضه لمعايير المناسبة من أجل درجة التعزيز تذرع باتفاق «كل النظريات الحديثة عملياً» على درجة التعزيز من دون أن يشير إلى موقفي المخالف رغم أنه أدخل التعبير الإنكليزي *Degree of Confirmation* كترجمة لتعبيري «درجة التعزيز»[8]. وأردت كذلك أن أبيّن أن تقسيمه للاحتمال إلى احتمال$_1$ (= درجة التعزيز عنده) واحتمال$_2$ (= التواتر الإحصائي) غير كاف، لأنه يوجد على الأقل تفسيران لحساب الاحتمال (المنطقي والإحصائي) إضافة إلى درجة التعزيز عندي التي ليست احتمالاً (وهو ما بيّناه هنا وما تبيّن في مذكرتي).

---

(8) قارن الهامش رقم (1*)، الفصل العاشر، قبل الفقرة 79 من هذا الكتاب.

يبدو أن هذا الهامش المؤلف من عشرة أسطر أثار الانتباه أكثر من كل مضمون مذكرتي الباقي. وقاد إلى مناقشته في ***British Journal for the Philosophy of Science***[9] ادعى فيها بار-هيلل (Bar-Hillel) أن انتقادي لما سماه «لنظرية التعزيز المقبولة في الوقت الراهن» أي إلى نظرية كارناب ليس سوى انتقاد كلامي بحت، وأن كارناب قد رد سلفاً على كل ما كنت أريد قوله. وقاد الهامش كذلك إلى تقويم مذكرتي في *Journal of Symbolic Logic*[10] لخص فيه كيمني (Kemeny) عملي بالشكل التالي «إن الأطروحة الرئيسية في هذه النشرة هي أن قياسات درجة التعزيز المقترحة من قبل كارناب أو أي فروض في الاحتمال المنطقي ليست ملائمة لقياس درجة التعزيز».

[345] لم يكن هذا وبكل تأكيد أطروحتي الرئيسية. لقد كانت مذكرتي متابعة لعمل نشر خمسة عشر عاماً قبل أن يكتب كتاب كارناب. أما فيما يتعلق بانتقادي، بنقطة الخلاف ـ مساواة التعزيز والتثبيت والقبولية بالاحتمال ـ فرغم أنها تشكل بطبيعة الحال أطروحة كارناب الرئيسية إلا أنها أبعد ما تكون عن الأصالة. ذلك أن كارناب يسير هنا على التقليد الذي اتبعه كينيز، جيفريس، رايشنباخ، كايلا، هوزياسون وغيرهم. ثم إن بار-هيلل وكيمني أشارا إلى أن انتقادي بقدر ما هو موجه ضد نظرية كارناب فإنه لا يعدو أن يكون كلامياً وأن التخلي عن نظرية كارناب لا يقوم على أساس. ولذا فإني أريد أن أؤكد هنا وبكل وضوح أن نظرية كارناب متناقضة منطقياً وأن هذا التناقض ليس مجرد خطأ غير ذي أهمية يسهل إصلاحه بل إنه ناتج من أخطاء ارتكبت في التأسيس المنطقي للنظرية.

أولاً، تأخذ نظرية كارناب بالفرضين (*a*) و(*b*) الكافيين كما رأينا للبرهان على وجوب عدم مساواة درجة التعزيز بالاحتمال: (*a*) أي صيغتنا (1) موجودة في كتاب «كارناب» بالصيغة (4) في الفقرة 86[11]: (*b*) أي (***) أو قبول أن (**) تناقض موجودة في الفقرة 18 (*B*، *III*) حيث يكتب كارناب: «إذا كانت الصفة ساخن والعلاقة أسخن معينتين بـ . . . لنقل *P* و*R* فإن «*Pa.* ~ *Pb.* *Rba*»

---

(9) انظر: *British Journal for the Philosophy of Science*: 6 (1955), pp. 155-163, and 7 (1956), pp. 243-256.

(10) انظر: John Kemeny, *Journal of Symbolic Logic*, vol. 20 (1955), p. 304.

يوجد في تقييم كيمني خطأ في الوقائع: في السطر 16 من الأسفل يجب وضع بدلاً من «قياس الدعم المعطى من y لـ x»، قياس قوة التفسير لـ x بالنسبة لـ y.

(11) انظر أيضاً الصيغة (6) في الفقرة 86 من هذا الكتاب. إن صيغة كارناب (4) في الفقرة 86 مكتوبة كتكافؤ رغم أن هذا لا يغير شيئاً. لنلاحظ أيضاً أن كارناب يكتب «t» لتحصيل الحاصل، وهو ما قد يسمح لنا بكتابة $p(x,t)$ بدلاً من $p(x)$.

متناقضة» إلا أن هذا هو (***) عندنا. قد لا يكون لوجود أو عدم وجود الدعوتين (a) و(b) في كتاب ما صلة تذكر بمحاجتي لتبيان خلفية المساواة بين C وp. إلا أنهما موجودتان بالفعل كلتاهما في كتاب كارناب.

ثانياً: إن التناقض الذي شرحناه هنا حاسم بالنسبة لكارناب: وذلك أنه بقبوله (1) أو بشكل أدق بتعريفه في الفقرة 86 «x مثبتة من قبل y» بالاستعانة بـ «$p(x,y) > p(x)$» (بحسب رموزنا) يبيّن أنه يقصد «بدرجة التعزيز» (أو *Explikandum* عنده) ما أقصده تقريباً. ويتعلق الأمر هنا بالفكرة الحدسية عن درجة الدعم الذي تقدمه الوقائع لنظرية ما. (يخطئ كيمني[12] عندما يطلب العكس. «إن قراءة متنبهة» لنشرتي ـ وأضيف لكتاب كارناب ـ لن تبيّن أن «البوبر وكارناب تفسيرين مختلفين» وإنما ستبيّن أن لكارناب من غير أن ينتبه لذلك تفسيرين مختلفين وغير متوائمين للاحتمال، عنده أحدهما هو C والآخر هو p عندي، وستبين أخيراً أني ولمراتٍ عديدة حذرت من خطر هذا الخلط ـ في النشرة التي قوّمها كيمني على سبيل المثال). ولهذا فإن كل تغيير للفرض (a) لن يكون إلا خصيصاً. ليس انتقادي هو الكلامي البحت وإنما محاولات إنقاذ «نظرية التعزيز الحالية والمقبولة». [346]

أما فيما يتعلق بتفاصيل أخرى فيجب الرجوع إلى المناقشة في *B.J.P.S.* وأعترف أن هذه المناقشة وتقويم كيمني في *Journal of Symbolic Logic* كانا مخيبين للآمال. كما يبدو لي الوضع من وجهة نظر عقلانية خطيراً. إن كتباً كثيرة وبأعداد متزايدة تكتب في عصر ما بعد العقلانية الذي نعيشه بلغات رمزية من دون أن يفهم أحد سبباً لذلك: ما الغرض منها وما هي ضرورتها أو ميزاتها التي تلزمنا بتحمل مجلدات من الغثاثات الرمزية؛ حتى أنه يبدو وكأن الرمزية قد أصبحت قيمة بحد ذاتها محاطة بهالة من التبجيل نظراً «لضبطها» السامي: إننا أمام شكل جديد للتعبير عن الطموح القديم إلى اليقين وأمام طقوس رمزية جديدة وبديل جديد للدين. ومع هذا فإن القيمة الوحيدة التي يمكن أن تعزى لمثل هذه الأشياء والمبرر الوحيد الممكن لإعلانها عن ضبط مشكوك في أمره يكمنان على ما يبدو في أمر واحد: إذا ما أمسكت الرمزية بلباب خطأ أو تناقض ما فلا يوجد أي مفر كلامي؛ يمكن البرهنة عليهما وانتهى الموضوع. (لم يتهرب فريج ولم يراوغ عندما علم بانتقاد روسيل). عندما يقتضي الأمر من امرئ الصبر على تفاصيل تقنية مرهقة وعلى هيكلة معقدة على نحو لا لزوم له فمن حقه أن ينتظر التعويض على الأقل بإقرار فوري بالبرهان السهل والمباشر الذي أعطاه على وقوع تناقض، وخاصة

(12) Kemeny, Ibid.

عندما يتكون البرهان من أبسط الأمثلة المضادة على الإطلاق. ولهذا فقد كانت خيبة آمالي بأن أقابل بدلاً مما كنت أنتظره بتهرب كلامي بحث مرفوق بالإدعاء المتجرئ بكون انتقاداتي «مجرد كلام».

ومع ذلك علينا ألا نفقد الصبر. فقد قادت أمواج الاستقراء منذ أرسطو فلاسفة عددين إلى اللاعقلانية ـ إلى الشكوكية أو التصوف. إلا أنه على الرغم من أن الاعتقاد الفلسفي بتطابق C وp قد وقف في وجه عواصف عديدة منذ لابلاس فإني ما زلت آمل أنه سيتخلى عنه يوماً ما. ولهذا فإني لا أستطيع رغم كل شيء أن أقتنع بأن المدافعين عن هذا الاعتقاد سيبقون راضين بالصوفية وبالهيغلية (من *Hegel*) التي ترى في $C = p$ موضوعة واضحة، أو موضوعاً باهراً لحدس [347] استقرائي. (قلت باهراً لأن الأمر يتعلق على ما يبدو بموضوع يصاب أنصاره بالعمى عندما يقعون في تناقض منطقي).

يمكنني أن أقول هنا إني أنظر إلى الإثبات القائل إن درجة التعزيز أو القبولية لا يمكن أن تكون احتمالاً كأهم نتائج البحث في نظرية المعرفة. ويمكن صياغة هذه الفكرة على النحو التالي. يمكن تلخيص تقرير عن نتائج فحوص أخضعت لها نظرية ما على شكل حكم. ويحصل ذلك بعزو درجة تعزيز للنظرية ولكنه لا يحصل إطلاقاً على شكل عزو درجة احتمال .لأن احتمال قضية (بالنسبة إلى اختبار القضايا) لا يصدر حكماً أيّاً كان على صرامة الفحوص التي اجتازتها النظرية ولا على كيفية اجتيازها لهذه الفحوص. والسبب الأساسي في ذلك هو أن مضمون النظرية ـ وهو نفس الشيء كعدم احتمالها ـ يحدد قابلية فحصها وقابلية تعزيزها.

وأعتقد أن هذين المفهومين، مفهوم المضمون ومفهوم درجة التعزيز، هما أهم الأدوات المنطقية التي طورها كتابي[13].

---

(13) إن معرفة معنى المحتوى التجريبي لنظرية ما، والقبول بنمو هذا المحتوى مع نمو صف إمكانيات التفنيد أي مع صف الظروف التي تمنع النظرية أو تنفيها، والفكرة القائلة إن المضمون مقيس عبر عدم احتمال النظرية، هي كلها ـ على ما أعلم ـ من نتاجي الخاص ولم تأت من أي مصدر آخر. ولذا فقد فوجئت عندما قرأت في: Rudolf Carnap, *Introduction to Semantics*, Studies in Semantics; 1 (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1942), p. 151,

في ما يتعلق بتعريفه «للمضمون» ما يلي: «... تتكون قوة تأكيد قضية ما من نفيها لظروف معينة (فيتكنشتاين)؛ وكلما كبر ما تنفيه كلما كبر ما تؤكده». كتبت لكارناب طالباً التوضيح ومذكراً إياه ببعض المواضع ذات الصلة في كتابي. أجابني أن إشارته لفيتكنشتاين تعود إلى خطأ ذاكرة وأنه كان يفكر تحديداً بمقطع من كتابي؛ وأعاد هذا التصحيح في كتابه: Carnap, Logical *Foundations of Probability*, p. 406.

ولكن الإشارة إلى المصدر عادت فضاعت في كتابه: Rudolf Carnap, *Einführung in die Symbolische Logik*, 2nd ed. (Wien: Springer, 1960), p. 21, 6 b. =

نكتفي بهذا القدر كمدخل. تخليت في المذكرات الثلاثة التالية عن الرمز [348] «$P(x)$» وكتبت مكانه «$p(x)$» المعتاد. صححت بعض الأخطاء المطبعية[14] وأشرت إلى بعض الهوامش الجديدة المضافة بنجمة كما أضفت نقطتين 13* و14* في آخر المذكرة الثالثة.

درجة التعزيز (1954)

1. نقترح في هذه المذكرة ونناقش مستعينين بالاحتمالات تعريفاً للدرجة التي تعزز فيها قضية x من قبل قضية أخرى y. (وواضح أن هذه الدرجة تطابق الدرجة التي تعزز فيها القضية y القضية x). أرمز لهذه الدرجة بالرمز $C(x,y)$ الذي يقرأ «درجة تعزيز x بـ y». يمكن مثلاً أن تكون x فرضية h وy واقعة مادية تجربية e في صالح h أو ضدها أو حيادية حيالها. إلا أن $C(x,y)$ يطبق أيضاً في حالات أقل نموذجية من تلك.

يستعمل التعريف بالضرورة الاحتمالات ولذا فإني سأستخدم كلاً من $P(x,y)$ أي الاحتمال (النسبي) لـ x بالنسبة لـ y و$P(x)$ أي الاحتمال (المطلق)[15] لـ x. إلا أن إحدى هاتين الدالتين ستكون كافية.

2. يفترض غالباً أن درجة تعزيز x بـ y هي الاحتمال (النسبي) لـ x بالنسبة لـ y أي أن $C(x,y) = P(x,y)$. إن مهمتي الأولى هي تبيان أن هذا الإدراك غير مناسب.

= أذكر هذا هنا لأن مفهوم المضمون، بمعناه التجربي أو الإعلامي ـ قد ورد في أعمال عديدة منذ 1942 من دون معطيات مرجعية أحياناً ومعزواً في أحيان أخرى إلى فيتكنشتاين أو كارناب أو لفيتكنشتاين ولي. ولا أريد أن يظن أحد أني أخذت هذا المفهوم من دون الإشارة إلى مصدره أكان فيتكنشتاين أم أي مؤلف آخر. وبما أني مهتم بتاريخ الأفكار فإني أرى من الأهمية بمكان إعطاء المصدر. انظر أيضاً مناقشتي للفرق بين المضمون الحقيقي والمضمون التجربي في الفقرة 35 من هذا الكتاب التي تشير في هامشيها رقمي (6) و(8) إلى كارناب.

(14) أدخلت بطبيعة الحال التصحيحات المشار إليها في: *British Journal of the Philosophy of Science*, 5 (1954), pp. 334 and 359.

(انظر الملاحظات في الهامش ص 439 من هذا الكتاب).

(15) يمكن تعريف $P(x)$ بالاستعانة بالاحتمال النسبي المعرف «$P(x,\overline{z\bar{z}})$» أو على نحو أبسط بـ«$P(x,\overline{x\bar{x}})$». (استعملت في كل المذكرة «xy» للرمز إلى ترافق x وy و $\bar{x}$ للرمز إلى نفي x). وبما أن $P(x,yz) = P(xy,z)/P(y,z)$ بصورة عامة، نحصل على $P(x,y) = P(xy)/P(y)$ ـ و$P(x,y\overline{z\bar{z}}) = P(x,y)$ وهي صيغة مفيدة لتعريف الاحتمال النسبي بالاستعانة بالاحتمال المطلق. انظر مذكرتي في: Karl Popper, «A Set of Independent Axioms for Probability,» *Mind*, 47 (1938), pp. 275f., حيث طابقت بين الاحتمال المنطقي المطلق وبين ما سميته عام 1934 في كتابي *Logik der Forschung* الاحتمال المنطقي، لأن التعبير «احتمال منطقي» مفضل في الاستعمال «للتفسير المنطقي» لـ $P(x)$ و $P(x,y)$ ـ على نقيض «تفسيرهما الإحصائي» الذي سنتجاهله هنا.

3. لننظر إلى القضيتين التركيبيتين x وy. توجد من وجهة نظر التعزيز، الذي يتفحص x بواسطة y حالتان قصويان: إن x مدعومة أو مؤكدة تماماً بـ y عندما تنتج x من y، وإن x مزعزعة تماماً أو مدحوضة بـ y عندما تنتج $\bar{x}$ من y. وهناك حالة ثالثة هامة على وجه الخصوص وهي حالة الاستقلال المتبادل الذي تميزه العلاقة $P(x,y) = P(x)\ P(y)$. وفي هذه الحالة فإن قيمة $C(x,y)$ أخفض من قيمتها في حالة الدعم التام وأعلى من قيمتها في حالة الدحض، توجد عدا هذه الحالات الثلاثة ـ الدعم التام، الاستقلال والدحض ـ حالات تقع فيما بينها: دعم جزئي (عندما ينتج من y جزء من مضمون x)؛ وعندما تنتج القضية التركيبية y من x مثلاً، من دون أن يكون العكس صحيحاً فإن y عندئذٍ جزء من مضمون x وتقتضي بالتالي جزءاً من x فهي تدعم x؛ وزعزعة جزئية لـ x بـ y عندما تدعم y القضية $\bar{x}$ جزئياً أي عندما تنتج y من $\bar{x}$ على سبيل المثال. سنقول إذاً أن y تدعم x أو تزعزع x كل مرة يأخذ فيها بالترتيب $P(xy)$ أو $P(\bar{x}y)$ قيماً أعلى من تلك التي يأخذانها في حالة الاستقلال. (نرى بسهولة استناداً إلى هذا التعريف أن الحالات الثلاثة ـ الدعم والزعزعة والاستقلال ـ تستنفذ كل الإمكانات وأنها تنفي كل واحدة منها الأخرى). [349]

4. لنفرض الآن وجود ثلاث قضايا x_1 وx_2 وy تحقق ما يلي (I) x_1 وx_2 كلتاهما مستقلتان عن y (أو أنهما مزعزعتان بـ y) في حين (II) تدعم y ترافقهما x_1x_2. ومن الواضح أن علينا في مثل هذه الحالة القول إن x_1x_2 معززة بـ y إلى درجة أعلى من تعزز x_1 أو x_2 كلا على حدة أو بالرمز

$$C(x_1,y) < C(x_1x_2,y) > C(x_2,y) \qquad (4,1)$$

رغم أن هذا لن يتلاءم مع اعتبار $C(x,y)$ احتمالاً أي مع

$$C(x,y) = P(x,y) \qquad (4,2)$$

لأن لدينا الصيغة الصحيحة عامة في الاحتمالات

$$P(x_1,y) \geq P(x_1x_2,y) \leq P(x_2,y) \qquad (4,3)$$

التي تناقض نظراً لـ (4,1) الصيغة (4,2). وهو ما قد يستوجب إسقاط (4,3). إلا أنه، لما كان $0 \leq P(x,y) \leq 1$، فإن (4,3) تنتج مباشرة من مبدأ الضرب العام في الاحتمالات. مما سيستوجب التخلي عن مثل هذا المبدأ في درجات التعزيز. ويبدو

إضافة إلى ذلك أننا سنضطر إلى التخلي عن مبدأ الجمع الخاص. لأنه ينتج من هذا المبدأ، نظراً لأن $P(x,y) \geq 0$،

$$P(x_1x_2 \text{ أو } x_1\bar{x}_2,y) \geq P(x_1x_2,y) \qquad (4,4)$$

إلا أن هذا لا يمكن أن يبقى صحيحاً في حالة $C(x,y)$ لأن الفصل (x_1x_2 أو $x_1\bar{x}_2$) مكافئ لـ x_1 بحيث نحصل بالتبديل في الطرف الأيسر لـ (4,1)

$$C(x_1x_2 \text{ أو } x_1\bar{x}_2) < C(x_1x_2,y) \qquad (4,5)$$

تناقض العلاقة (4,5) بالنظر إلى (4,4) الصيغة (4,2)[16].

[350] 5. تتوقف هذه النتائج على قبولنا بوجود قضايا x_1 وx_2 وy بحيث (I) x_1 مثلها مثل x_2 مستقلتان عن y (أو أنهما مزعزعتان بـ y) في حين (II) تدعم y الترافق x_1x_2. سأبرهن على هذا الوجود بإعطاء المثل الآتي[17].

لتكن لدينا قطعات لعب ملونة نرمز لها بـ «a»، «b».. بأربعة ألوان ينفي كل واحد منها الآخر، ومتساوية الاحتمال هي الأزرق، الأخضر، الأحمر والأصفر. ولتكن x_1 القضية «a أزرق أو أخضر»؛ x_2 = «a أزرق أو أحمر»؛ y = «a أزرق أو أصفر». عندئذٍ تصبح كل شروطنا محققة (x_1x_2 مدعومة من y بوضوح: y تنتج عن x_1x_2 وترفع احتمال x_1x_2 إلى ضعف القيمة التي يأخذها بدون وجود y).

6. يمكننا إنشـــاء أمثلـــة تبيّن عدم صحة المساواة بين $C(x,y)$ و$P(x,y)$ عـلى نحـو أكثـر صرامـــة. سنختـــار x_1 مدعوماً دعماً قـوياً بـ y وx_2 مزعزعاً بقوة بـ y وستطلـب أن تكـون $C(x_1,y) > C(x_2,y)$. إلا أنه يمكن اختيار x_1 وx_2 بحيـث يكـون $P(x_1,y) < P(x_2,y)$. والمثـل هـو التالـي: لتكـن x_1 = «a أزرق» وx_2 = «a ليس أحمر» وy = «a ليس أصفر» يصح عندئذٍ $P(x_1) = 1/4$،

---

(16) يستعمل كارناب في: Carnap, *Logical Foundations of Probability*, C 53-1
مبدأ الضرب والجمع «كمتواضعات مناسبة لدرجة التعزيز». والحجة الوحيدة التي يقدمها على لياقة هذه المبادئ هي أنها مقبولة بصورة عامة في كل نظريات الاحتمالات «الحديثة عملياً». أي عملياً كل نظريات P(x,y) عندنا الذي يعادله كارناب «بدرجة التعزيز». إلا أن هذا الاصطلاح الذي أدخلته في الفقرة 82 من كتابي *Logik der Forschung* (وهو كتاب يرجع إليه كارناب من حين لآخر) لأبيّن أن الاحتمال المنطقي مثله مثل الاحتمال الإحصائي غير مناسبين كدرجة تعزيز لأن قابلية التعزيز ترتفع بالضرورة بارتفاع قابلية الفحص وبالتالي ترتفع مع عدم الاحتمال (المنطقي) المطلق ومع المضمون (انظر أسفله).

(17) يحقق المثل التطلب (I) بالاستقلال وليس بالزعزعة. (للحصول على مثل يحقق الزعزعة يمكن إضافة البرتقالي كلون خامس ووضع y= «a برتقالي أو أزرق أو أصفر»).

$P(x_2) = 3/4$ و $P(x_1,y) < P(x_2,y) = 2/3$. $1/3 =$ أمـا أن y تدعـم x_1 وتزعزع x_2 فواضح من هذه الأعداد ومن كون y تنتج عن x_1 كما تنتج عن $\bar{x}_2$[*1].

7. ما الـذي جعـل الأمـر يختلـط بهذه المثابـرة بين $C(x,y)$ و$P(x,y)$؟ لماذا لم ير الناس مدى المفارقة في الدعوى القائلة أنه يمكن لواقعـة y أياً كانت أن تثبت x المستقلة عنها تماماً؟ وأن y تثبت x بقوة حتى عندما تزعزع y القضية x؟ هذا وحتى في حالة كون y مجموعة الوقائع المتاحة. لا أعـرف جواباً أكيداً لهذا السؤال إلا أنه يمكنني طـرح بعض الإيحاءات. هناك أولاً هـذا الجنـوح القوي [351] لاعتبار كل ما يمكن أن نسميه «مصداقية» أو «احتمال» فرضيـة ما احتمالاً بمعنى حساب الاحتمالات. لقد ميزت قبل عشرين سنة بهدف حل المشاكـل القائمة هنا، بين درجة التعزيز من جهة والاحتمال المنطقي أو الإحصائي من جهة ثانية. إلا هذا التعبير (بالإنكليـزية *Degree of Confirmation*) ما لبث مع الأسف أن استعمل من قبل مؤلفين آخرين كاسم جديد للاحتمال (المنطقي)، ولعل ذلك بتأثير من رؤية خاطئة مفادها أن على العلم ـ ما دام غير قادر على بلوغ اليقين ـ أن يتطلع إلى بديل له ـ إلى أعلى احتمال يمكن بلوغه.

هناك إمكانية أخـرى وهي أن العبـارة «درجـة تعزيـز x بـ y» قد تحـولت على ما يبـدو إلى «الدرجـة التي تثبت فيها y القضيـة x» أو إلى «استطاعـة y دعـم القضية x». إلا أنـه لو قبلت هذه الصياغـة لكانت $C(x_1,y) < C(x_2,y)$ مفارقـة بكل وضوح في الحالة التي تدعم فيها y القضية x_1 وتزعزع x_2، بينما تبقـى العلاقة $P(x_1,y) < P(x_2,y)$ مقبولة خاصة وأنها تشير في هذه الحالة إلى أنه كـان لدينا منذ البداية $P(x_1) < P(x_2)$. ويبدو، إضافة إلى ذلك، أن هناك توجهاً إلى الخلط بين قياس الزيادة أو النقصان والقياسات التي تزيد أو تنقص (كما يبيّن ذلك تاريخ مفاهيم السرعة والتسارع والقوة). إلا أن استطاعة القضية y دعم القضية x هي، كما سنرى، في جوهرها قياس زيادة أو نقصان احتمال x استناداً إلى y وليست بالتالي قياساً للاحتمال[18].

8. يمكن الرد على هذا كله بالقول إنه من حقنا تسمية $P(x,y)$ بأي اسم نريد بما في ذلك اسم درجة التعزيز. إلا أن المسألة ليست مسألة كلمات.

(*1) يعني هذا الواقع، أي ـ $P(y,x_1) = P(y,\bar{x}_2) = 1$ ـ أن المصـداقية النسبية (likelihood عند فيشر) لـ x_1 وكذلك لـ $\bar{x}_2$ اعتماداً على y أعظمية. انظر المدخل لهذا الملحق حيث فصلت الأفكار التي نعرضها باختصار في النص هنا.

(18) انظر أيضاً النقطة 9، (VII) أسفله.

تستعمل درجة التعزيز التي تصل إليها فرضية x استناداً إلى وقائع مادية تجريبية لتقويم الدرجة التي ضمنت فيها x تجريبياً. إلا أنه لا يمكن لـ $P(x,y)$ تحقيق هذا الغرض لأنه يمكن لـ $P(x_1,y)$ أن يكون أعلى من $P(x_2,y)$ رغم أن x_1 قد زعزعت من قبل y وx_2 قد دعمت من قبل y ولأن هذا يعود إلى التبعية الكبيرة لـ $P(x,y)$ على $P(x)$، أي على الاحتمال المطلق، وهو الاحتمال الذي لا تربطه أي صلة بالوقائع المادية التجريبية.

ثم إن لدرجة التعزيز تأثيراً على البت في قبول أو اختيار فرضية معينة x حتى ولو كان ذلك بشكل موقت. تتيح درجة تعزيز عالية وصف الفرضية بأنها «جيدة» أو «مقبولة» بينما يصح القول عن الفرضية غير المعززة إنها «سيئة». ولا يسعفنا $P(x,y)$ [352] بشيء هنا .لا يطمح العلم في المقام الأول إلى احتمالات عالية. إن ما يطمح إليه هو محتويات إعلام عالية، مستندة بشكل جيد إلى التجربة. إلا أنه يمكن لفرضية ما أن تكون محتملة جداً لسبب بسيط هو أنها لا تخبرنا شيئاً، أو بشيء قليل. وهكذا فإن درجة احتمال عالية ليست قيمة جودة ـ فقد تكون أحد أعراض ضعف المحتوى الإعلامي ليس إلا ـ وفي المقابل يمكن ويجب تعريف $C(x,y)$ بحيث لا تبلغ درجات التعزيز العالية إلا الفرضيات ذات المحتوى الإعلامي العالي. يجب أن ترتفع قابلية تعزيز x (أي أعلى درجات التعزيز التي يمكن للقضية x بلوغها) بارتفاع $Ct(x)$، أي مع قياس محتوى x المساوي لـ $P(\overline{x})$ وبالتالي لدرجة قابلية الفحص لـ x. أي أنه يجب أن يكون $C(x\overline{x},y)$ مساوياً للصفر بينما $P(x\overline{x},y) = 1$.

9. يمكننا إعطاء تعريف لـ $C(x,y)$ يحقق كل الرغبات المعطاة هنا وفي كتابي **منطق البحث**، بل وما هو أقوى منها أيضاً، مبني على $E(x,y)$، على قياس غير جمعي لاستطاعة شرح x بالنسبة لـ y. ولهذا القياس حدّان أعلى وأدنى $+1$، -1 ونعرفه كما يلي:

(9,1) نفرض أن x غير متناقض[19] وأن $P(y) \neq 0$؛ نعرف عندئذٍ:

$$E(x,y) = \frac{P(y,x) - P(y)}{P(y,x) + P(y)}$$

يمكن تفسير $E(x,y)$ أيضاً على أنه قياس (غير جمعي) لتبعية القضية y لـ x، أو أنه قياس الدعم غير الجمعي التي تحصل عليه y من x (والعكس بالعكس). يلبي هذا

---

(19) يمكن التخلي عن هذا الشرط عندما نقبل كمتواضعة عامة أن $P(x,y) = 1$ دائماً إذا كانت y متناقضة.

التعريف أهم رغباتنا ولكنها لا يلبيها كلها فهو ينقض على سبيل المثال ($VIII,c$) أسفله ولكنه يحقق (III) و(IV) على وجه التقريب فقط وفي حالات خاصة. ولدرء هذه العيوب أقترح التعريف التالي لـ $C(x,y)$[*2].

(9,2) نفرض أن x غير متناقض وأن $P(y) \neq 0$؛ نعرف عندئذٍ:

$$C(x,y) = E(x,y)\,(1 + P(x)\,P(x,y))$$

هذه الصيغة أقل بساطة من $E(x,y)\,(1 + P(x,y))$ مثلاً التي تحقق غالبية رغباتنا ولكنها تنقض (IV) بينما يصح من أجل $C(x,y)$ المعرفة في (9,2) أن كل [353] الرغبات التالية محققة:

(I) إن $C(x,y) \gtrless 0$ بالترتيب إذا وفقط إذا y تدعم x؛ y مستقلة عن x؛ y تزعزع x.

$$-1 = C(\bar{y},y) \leq C(x,y) \leq C(x,x) \leq 1 \qquad (II)$$

$$0 \leq C(x,x) = Ct(x) = P(\bar{x}) \leq 1 \qquad (III)$$

لنلاحظ أن $Ct(x)$ وبالتالي $C(x,x)$ قياس جمعي لمضمون x المعرف بـ $P(\bar{x})$ أي بالاحتمال المطلق لبطلان x أو بالمصداقية القبلية لدحض x. وبالتالي تساوي قابلية التعزيز الدحوضية أو قابلية الفحص[20].

(IV) إذا كانت y تتضمن x منطقياً فإن $C(x,y) = C(x,x) = Ct(x)$

(V) إذا كانت y تتضمن $\bar{x}$ منطقياً فإن $C(x,y) = C(\bar{y},y) = -1$

(VI) ليكن لـ x مضمون مرتفع ـ بحيث يقترب $C(x,y)$ من $E(x,y)$ ـ ولتكن y داعمة لـ x. (يمكننا أن نفرض مثلاً أن y هي مجموعة الوقائع المادية المتاحة). يصح عندئذٍ من أجل كل y معطاة: تزداد قيمة $C(x,y)$ على الدوام بازدياد استطاعة

(*2) وهاكم تعريف بديل أبسط بقليل والذي يحقق كل شروط الملاءمة عندي (الرغبات). عرضته للمرة الأولى في: *British Journal for the Philosophy of Science*, 5 (1955), p. 334.

$$C(x,y) = \frac{P(y,x) - P(y)}{P(y,x) - P(xy) + P(y)} \qquad (9.2^{*}*)$$

وعلى نحو مماثل أضع لتعريف درجة التعزيز النسبية (انظر *1 .10 أسفله).

$$C(x,y,z) = \frac{P(y,xz) - P(y,z)}{P(y,xz) - P(xy,z) + P(y,z)} \qquad (10.1^{*}*)$$

(20) انظر الفقرة 83 من كتابي هذا *Logik der Forschung* المعنونة «قابلية التعزيز، قابلية الفحص والاحتمال المنطقي» (يجب وضع كلمة «مطلق» إلى جانب منطقي كي تتطابق المصطلحات مع نشرتي في: (Popper, «A Set of Independent Axioms for Probability».

x شرح y (أي شرحه لأكثر فأكثر من مضمون القضية y) وبالتالي بازدياد الأهمية العلمية لـ x.

(VII) إذا كان $Ct(x) = Ct(y) \neq 1$ فإن $C(x,u) \gtreqless C(y,w)$ كل مرة يكون فيها $P(x,u) \gtreqless P(y,w)$[*3].

(VIII) إذا كانت x تتضمن y منطقياً فإن: (a) $C(x,y) \geq 0$؛ (b) من أجل كل x معطاة تزداد قيمتا $C(x,y)$ و$Ct(y)$ معاً؛ و(c) من أجل كل y معطاة تزداد $C(x,y)$ و$P(x)$ معاً[21].

(IX) إذا كانت $\bar{x}$ غير متناقضة وتتضمن y منطقياً فإن: (a) $C(x,y) \leq 0$؛ (b) من أجل كل x معطاة تزداد $C(x,y)$ و$P(y)$ معاً؛ و(c) من أجل كل y معطاة تزداد $C(x,y)$ و$P(x)$ معاً.

10. يمكن جعل كل قضايانا من دون استثناء نسبية بإرجاعها إلى إعلام أولي z. ويتحقق ذلك بإضافة عبارات في المواضع المناسبة مثل «بفرض z وبفرض أن $P(z,\overline{z\bar{z}}) \neq 0$». ويصبح التعريف المنسب لدرجة التعزيز:

$$C(x,y,z) = E(x,y,z)\,(1 + P(x,z)\,P(x,yz)) \quad (10,1)$$

حيث

[354] $$E(x,y,z) = \frac{P(y,xz) - P(y,z)}{P(y,xz) + P(y,z)} \quad (10,2)$$

$E(x,y,z)$ هي استطاعة شرح x بالنسبة لـ y بوجود z[22].

11. توجد في رأيي بعض الرغبات الحدسية التي لا يمكن تحقيقها بواسطة أي تعريف صوري. فكلما كانت محاولاتنا غير الناجحة لدحض نظرية ما أكثر براعة كلما كان تعزيزها أفضل. يحتوي تعريفي على بعض مما في هذه الفكرة ـ

(*3) لا يوجد الشرط «$\neq 1$» لا في النص الأصلي ولا في التصحيحات التي نشرت عام 1954.

(21) (VII) و(VIII) يحتويان على الرغبات الهامة الوحيدة التي تحققها $P(x,y)$.

(22) لتكن x_1 نظرية آنشتاين في التثاقل، x_2 نظرية نيوتن وy الواقع المادي التجريبي (المفسر) المتاح اليوم والذي يحتوي على القوانين «المقبولة» (لا يهم هنا أن تكون إحدى هاتين النظريتين أو كلتاهما ضمن هذه القوانين شريطة أن تكون شروطنا لـ y محققة). وليكن z جزءاً من y، مثلاً مختارات من الوقائع المادية المتاحة قبل عام. وبما أنه يمكننا أن نقبل أن x_1 تشرح من y أكثر مما تشرح x_2 فنحصل على $C(x_1,y,z) \geq C(x_2,y,z)$ من أجل كل z وعلى $C(x_1,y,z) > C(x_2,y,z)$ من أجل كل z مناسب يحتوي على بعض الشروط على الحدود ذات الصلة. ينتج هذا من (VI)، حتى ولو قبلنا أن $P(x_1,yz) = P(x_2,yz) = P(x_1) = P(x_2) = 0$.

ولكن ليس بالقدر الذي يمكننا معه كتابته صورياً. إنه من المستحيل التعبير صورياً عن فكرة محاولة دحض بارعة ومخلصة[23].

لا أعتبر الطريقة الخاصة المستعملة هنا لتعريف $C(x,y)$ ذات أهمية. إن المهم هو الرغبات والقدرة على تحقيقها كلها معاً.

المذكرة الثانية حول درجة التعزيز (1957)

[355]

1. لقد اقترح الأستاذ ج. ج. كيمني[24] (بالرجوع إلى تعريفي للمضمون) وكذلك الدكتور س. ل. هامبلان[25] (Hamblin) وبشكل مستقل عنه قياس مضمون x المرموز بـ $Ct(x)$ بـ $Log_2 P(x)$ بدلاً من $1 - P(x)$ كما كنت قد اقترحت في الأصل. (استعمل هنا رموزي). يجب في حال قبول هذا الاقتراح تعديل الرغبات[26] المتعلقة

---

(23) يمكننا التقرب من هذه الفكرة بأشكال مختلفة بأن نحدد جوائز على سبيل المثال للتجارب الحاسمة بأن نعرف

$$C_{a,b}(h) = (C(h,e_b)\prod_{i=1}^{n} C(h,c_i,e_a)^{1/(n+1)}$$

حيث c_1، c_2. . . سلسلة التجارب المجراة بين اللحظتين الزمنيتين t_a وt_b. لدينا $t_b = t_n \leq t \leq t_1 < t_a$؛ e_a وe_b هما مجموعتا الوقائع المادية (التي يمكن أن تشمل قوانين) المقبولتان في اللحظتين t_a وt_b. نفرض $P(c_i,e_b) = 1$ و(لكي نضمن أننا لا نعد إلا التجارب الجديدة) $P(c_i, e_a) \neq 1$ وكذا $P(c_i,Uc_j) \neq 1$ دائماً إذا كان $j < i$ («Ucj» هو التعميم الزماني المكاني لـ «c_j»).

* لعلي اليوم أشد ميلاً لمعالجة هذه المسألة على شكل آخر. يمكننا التمييز بكل بساطة بين الصيغة «$C(x,y)$» أو «$C(x,y,z)$» وبين تطبيقاتها على ما نفهمه حدسياً بالتعزيز أو القبولية. يكفينا عندئذٍ أن نقول إنه لا يقتضي تفسير $C(x,y)$ كدرجة تعزيز وتطبيقها على مشاكل القبولية إذا لم تكن y تمثل (كل) نتائج محاولاتنا البارعة والمخلصة لدحض x. انظر أيضاً النقطة 14* في مذكرتي الثالثة في هذا الملحق.

لقد وضعت هنا «كل» بين قوسين لأن هناك إمكانية أخرى يجب أخذها بعين الاعتبار: يمكننا تقييد الفحوص على حقل تطبيق معين F، (قارن الملحق القديم الأول والملحق الثامن* من هذا الكتاب) ويمكننا تنسيب C وكتابه «$C_F(x,y)$». إن التعزيز الكلي لنظرية ما هو ببساطة مجموع التعزيزات على مختلف حقول تطبيقها (المستقلة بعضها عن بعض).

(24) John G. Kemeny, «A Logical Measure Function,» *Journal of Symbolic Logic*, vol. 18, no. 4 (1953), p. 297.

(يرجع كيمني إلى كتابي *Logik der Forschung*).

* انظر الهامش رقم (1)، ص 439 أعلاه، وص 448 من هذا الكتاب.

(25) انظر ص 62 من: Charles L. Hamblin, «Language and the Theory of Information,» (Unpublished Ph. D. Dissertation, University of London, London School of Economics, 1955);

توصل هامبلان إلى هذا التعريف بشكل مستقل عن عمل الأستاذ كيمني (الذي يرجع إليه في أطروحته).

(26) Karl Popper, «Degree of Confirmation,» *British Journal for the Philosophy of Science*, 5 (1954), pp. 143ff.,

انظر أيضاً ص 334.

بـ $C(x,y)$، درجة تعزيز x بـ y تعديلاً طفيفاً: يجب تبديل ± 1 في (IV) بـ $\pm\infty$ ويصبح (III) عندئذٍ:

$$0 \le C(x,xy) = C(x,x) = Ct(x) = -Log_2 P(x) \le +\infty \qquad (III)$$

وتبقى الرغبات الأخرى من دون تغيير.

ويقترح د. هامبلان(27) تعريف درجة التعزيز بـ

$$C(x,y) = Log_2(P(xy)/P(x)\,P(y)) \qquad (1)$$

وهو من أجل النظمات المنتهية، ولكن ليس من أجل النظمات غير المنتهية دون شرط، لا يختلف عن

$$C(x,y) = Log_2(P(y,x)/P(y)) \qquad (2)$$ ؛

ميزة هذه الصيغة (2) أنها تبقى محددة حتى ولو كان $P(x) = 0$ كما يمكن أن يحدث عندما تكون x نظرية عامة. وستكون الصيغة المنسبة المقابلة هي

$$C(x,y,z) = Log_2(P(y,xz)/P(y,z)) \qquad (3)$$

لا يحقق التعريف (1) رغبتي $VIII$ (c) وهذا ما لاحظه د. هامبلان ويصح الشيء نفسه على (2) و(3). وكذلك فإن الرغبات IX (b) و(c) غير محققة.

ترسم الرغبة $VIII$ (c) في رأيي الحد الذي يفرق بين قياس استطاعة الشرح وقياس التعزيز. يمكن للقياس الأول أن يكون متناظراً بالنسبة لـ x وy ولكن هذا غير ممكن في القياس الثاني. لأننا إذا قبلنا أن y تنتج من x (وتدعم x) وأن a غير معززة بـ y، فإن الدعـوى القائلة إن ax معززة جيداً بـ y على الدوام بقدر تعزز x وحدها تبدو في هذه الحالة غير مرضية. (ولكنه لا يمكن الاعتراض على القول إن لـ ax وx نفس استطاعـة الشـرح بالنسبـة لـ y لأن y مشروحة تماماً سواء بـ ax أو بـ x). ولهذا لا أرى مدعاة للتخلي عن $VIII$ (c). [356]

ولهذا فإني أفضل اعتبار (2) و(3) كالتعـريفين الأكثر ملاءمة لاستطاعة الشرح ـ أي لـ $E(x,y)$ و$E(x,y,z)$ ـ وليس كتعريف لدرجة التعزيز. يمكن لهذه

---

(27) Hamblin, Ibid., p. 83.

تقدم الدكتور أ. ج. غود (I. J. Gode) باقتراح مماثل (بدون أن يعطي 2 كأساس للوغاريتم تحديداً) وذلك في تقويمه لعملي «درجة التعزيز». قارن: *Mathematical Review*, 16 (1955), 376.

الأخيرة أن تعرف بأشكال مختلفة بالاستعانة باستطاعة الشرح بحيث تتحقق $VIII(c)$. أحد هذه التعاريف هو التالي (وأعتقد أنه من الممكن إيجاد ما هو أفضل منه).

$$C(x,y) = E(x,y)/((1 + nP(x))P(\bar{x},y)) \quad (4)$$

$$C(x,y,z) = E(x,y,z)/((1 + nP(x,z))P(\bar{x},z)) \quad (5)$$

حيث يمكن اختيار n كما نشاء شريطة أن يكون $n \geq 1$ وإذا أردنا أن يكون لـ $VIII$ (c) مفعول ملحوظ فيجب اختيار n كبيراً.

يختفي الفرق بين E وC في حالـة نظرية عامة x مع $P(x) = 0$ وy واقع تجـربي كما هو عليه الأمر في تعاريفـي الأولية المقابلـة للرغبة (VI). كما يختفي أيضاً إذا كان x ناتجاً من y. وهكذا تبقى بعض ميزات إجراء العمليات بقياس لوغاريتمي: فكما شرح هامبلان يصبح المفهوم المعرف بـ (I) مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً بالفكرة الأساسية في نظرية الإعلام. أشار كود إلى هذا أيضاً[28].

يحافظ الانتقال من التعاريف القديمة إلى التعاريف الجديدة على الترتيب. (ويصح هذا أيضاً على استطاعة الشرح كما يستخلص من ملاحظات هامبلان) ومن هنا يبقى الفرق مترياً بحتاً.

2. تأخذ التعاريف بعين الاعتبار بطبيعة الحال كل «وزن إثباتات الواقع» (أو «وزن الحجة» كما سماها كينيز في فصله السادس) سواء تعلق الأمر بتعريف استطاعة الشرح وأكثر منه بتعريف درجة التعزيز (درجة التثبت، أو القبولية أو ما شئت من الأسماء). يتضح ذلك في التعاريف الجديدة المعتمدة على اقتراحات هامبلان وذات الميزات المعتبرة إذا كنا مهتمين بالمسائل المترية.

3. يجب أن يكـون واضحاً في أذهاننا أن مترية C تتبع كلياً مترية P. لكنه يستحيل وجود مترية مرضية لـ P أي أنه لا يمكن إعطاء مترية للاحتمال المنطقي تعتمد على الاعتبارات المنطقية البحتة. لنأخذ للبرهان على ذلك الاحتمال المنطقي لخاصة فيزيائية مقيسة (وليس متحولاً عشوائياً غير منفصل) كالطول وهو أبسط [357] الأمثلة المختارة. لنفرض (وهي فرضية مواتية لمعارضينا) أننا قد أعطينا الحدين الأعلى والأدنى l وu المنتهيين لهذا الطول على أنهما ضروريان منطقياً. سنقبل إضافة إلى ذلك أن لدينا دالة توزيع للاحتمال المنطقي لهذه الخاصة، مثلاً دالة توزيع متساو ومعممة بين l وu. قد نكتشف أن تغيراً مرغوباً به تجريبياً لنظرياتنا يؤدي إلى

(28) انظر الهامش رقم (27) أعلاه.

تصحيحات غير خطية لقياس الخاصة الفيزيائية (المعتمدة مثلاً على متر باريز). ويجب عندئذٍ تصحيح الاحتمال المنطقي أيضاً وهو ما يبيّن أن متريته تابعة لعلمنا التجربي وليست معرفة قبلياً بصورة منطقية بحتة. وبعبارة أخرى، إن مترية الاحتمال المنطقي لخاصة مقيسة تابعة لمترية هذه الخاصة بالذات؛ ولما كانت هذه الأخيرة عرضة للتصحيح بنظريات تجربية فإنه يستحيل وجود قياس منطقي بحت للاحتمال.

يمكن التغلب على هذه الصعوبات إلى حد بعيد، وإن لم يكن كليّاً، باستخدام «إطار الإعلام» لدينا (ثقافتنا العلمية) z. تظهر هذه الصعوبات في كل مرة أهمية الأسس الطوبولوجية (وليس المترية) لمحاولة حل مشاكل درجة التعزيز والاحتمال المنطقي[4*].

إلا أنه، حتى ولو تخلصنا من كل الاعتبارات المترية، من واجبنا في نظري الاحتفاظ بمفهوم الاحتمال المعرف ضمنياً في النظمات الموضوعاتية المستعملة. ذلك أن هذه النظمات تحتفظ بمعناها كاملاً مثلما تحتفظ الهندسة المترية البحتة بمعناها حتى ولو كنا في ظروف لا تسمح لنا بتعريف وحدة قياس بالاستعانة بالهندسة (المترية) البحتة. وهذا أمر يكتسي أهمية خاصة نظراً للحاجة لمطابقة الاستقلال المنطقي مع الاستقلال الاحتمالي (مبرهنة الضرب الخاصة). وإذا ما [358] قبلنا لغة ما كلغة كيمني (التي تنهار مع ذلك في حالة الخواص المتصلة) أو لغة فيها قضايا ذرية نسبياً (كتلك المشار إليها في الملحق الأول لمنطق البحث) فإننا مضطرون للتسليم باستقلال القضايا الذرية أو القضايا الذرية نسبياً (طبعاً ما دامت ليست «تابعة منطقياً» بمعنى كيمني). وإذا ما طابقنا بين الاستقلال المنطقي والاحتمالي على النحو الموصوف هنا فإن النتيجة هي أننا لن نكون قادرين على التعلم في إطار نظرية احتمال للاستقراء؛ إلا أنه يمكننا التعلم جيداً اعتماداً على دالتي C، أي أنه يمكننا تعزيز نظرياتنا.

هناك نقطتان أخريان نشير إليهما في هذا السياق.

(4*) أعتقد الآن أني تغلبت على هذه الصعوبات، على الأقل فيما يتعلق بنظمة S (بمعنى الملحق الرابع* من هذا الكتاب) عناصرها منطوقات احتمال، أي على الأقل فيما يتعلق بالمترية المنطقية لاحتمال منطوقات الاحتمال أو بعبارة أخرى بالمترية المنطقية للاحتمالات الثانوية. ستوصف طريقة الحل في «مذكرتي الثالثة»، النقطة 7 وما يليها، انظر على وجه الخصوص النقطة 13*، إضافة 1968، وكذلك الإضافة ص 402 من هذا الكتاب.

أما فيما يخص الصفات الأولية فإني أعتقد أنه لا مبالغة على الإطلاق في الحديث عن الصعوبات الموصوفة في النص. (طبعاً يمكن لـ Z أن يساعد بأن يعلن أو يقبل أننا أمام حالة محددة فيها مجموعة منتهية من الإمكانيات المتناظرة أو المتساوية).

4. أولاً: يمكن اعتماداً على نظمة موضوعاتي للاحتمالات النسبية[29] النظر إلى $P(x,y)$ على أنه معرف من أجل x وy لا على التعيين، حتى عندما تكون $P(y) = 0$. ويصح على وجه الخصوص في التفسير المنطقي للنظمة $P(x,y) = 1$ في كل الحالات التي تنتج فيها x من y. وأيضاً عندما $P(y) = 0$. ومما لا شك فيه أن تعريفنا يستعمل أيضاً في اللغات التي تتضمن قضايا خاصة وقوانين عامة على حد سواء. حتى ولو كان لهذه القوانين احتمال معدوم؛ كما هو عليه الحال مثلاً عندما نستعمل دالة القياس m عند كيمني ونسلم أن $m(x) = P(x)$. (لا حاجة البتة في حالة تعريفينا لـ E وC للابتعاد عن عزو وزنٍ متساوٍ للنماذج[30]. وعلى العكس يجب اعتبار مثل هذا الابتعاد خروجاً عن التفسير المنطقي لأنه سينقض التساوي بين الاستقلال المنطقي والاحتمالي المتطلب في 3 أعلاه).

5. ثانياً: إن الرغبة التالية، من بين الرغبات المشتقة من تعاريفي، غير محققة في كل التعاريف لـ x معززة بـ y المقترحة من قبل المؤلفين الآخرين. ولذا يمكن الإشارة إليها على نحو منفصل كالرغبة العاشرة[31]:

(X) إذا كانت x معززة بـ y أو مثبتة أو مدعومة بها بحيث $C(x,y) > 0$ فيصح عندئذ: (a) $\bar{x}$ مزعزعة على الدوام من قبل y، أي أن $C(\bar{x},y) < 0$ و(b) x مزعزعة على الدوام من قبل $\bar{y}$، أي أن $C(x,\bar{y}) < 0$.

يبدو لي أن هذه الرغبة شرط ملاءمة لا غنى عنه وضوحاً وأن أي تعريف مقترح لا يحققها هو مفارقة حدسياً.

المذكرة الثالثة حول درجة التعزيز (1958) [359]

أود في هذه المذكرة إبداء بعض الملاحظات على مشكلة وزن إثباتات الوقائع وعلى الفحوص الإحصائية.

1. تحل نظرية التعزيز التي عرضت في المذكرتين السابقتين عن «درجة

---

(29) *British Journal for the Philosophy of Science*, 6 (1955), p. 56f., (انظر أيضاً ص 176 و351)؛ توجد نسخ مبسطة في: Cecile Alec Mace, ed., *British Philosophy in the Mid-Century: A Cambridge Symposium*, p. 191, وفي الملحق الرابع* من كتابي: Popper, *Logik der Forschung*.

(30) قارن: Kemeny, «A Logical Measure Function,» p. 307.

(31) قارن بالملاحظة نهاية المقطع الأول في: Popper, «Degree of Confirmation,» p. 144.

* وهو يقابل هنا المقطع الأول، ص 449 أعلاه.

التعزيز»[32] بسهولة المشكلة المعروفة باسم وزن إثباتات الوقائع (*Weight of Evidence*).

كان بيرس أول من أثار هذا المشكل الذي ناقشه كينز بتفصيل بعد ذلك. وكان كينيز يتحدث عادة عن «وزن الحجة» («*Weight of Argument*») أو عن «مجموعة الوقائع المادية» («*Amount of Evidence*»). أخذت التعبير (*Weight of Evidence*) (وزن الحالات التجربية أو إثباتات الوقائع) عن ج. م. كينيز وعن أ. ج. غود[33].

تقود التأملات في وزن إثباتات الواقع في إطار النظرية الذاتية للاحتمالات إلى مفارقات يستحيل حلها في نظري ضمن هذا الإطار.

2. إن ما أفهمه بالنظرية الذاتية للاحتمالات أو بالتفسير الذاتي لحساب الاحتمالات هو نظرية تفسر الاحتمال كقياس لعدم علمنا أو لعلمنا الجزئي أو لنقل كقياس لدرجة عقلانية معتقداتنا استناداً إلى الوقائع المادية المتاحة لنا.

(أريد أن أشير بين قوسين إلى أنه يمكن اعتبار المصطلح المعتاد «درجة المعتقدات العقلانية» [*Degree of rational belief*] كأحد أعراض التشويش في المفاهيم، لأن المقصود في واقع الأمر هو «درجة عقلانية المعتقد»). يتكون هذا التشويش على النحو التالي. نفسر في بادئ الأمر الاحتمال كقياس لقوة أو شدة معتقد أو اقتناع: وهذه الشدة مقيسة نوعاً ما باستعدادنا على المراهنة على حقيقة اقتناعنا حتى ولو كان الرهان عالياً جداً. ولكننا نرى بسهولة أن شدة معتقداتنا [360]

---

(32) *British Journal for the Philosophy of Science*: 5 (1954), pp. 143, 324 and 359, and 7 (1957), p. 350;

انظر أيضاً: *British Journal for the Philosophy of Science*: 6 (1955), and 7 (1956), pp. 244, 249.

يجب أن يضاف إلى المقطع الأول في «مذكرتي الثانية» إلماع إلى: Yehoshua Bar-Hillel and Rudolf Carnap, «Semantic Information,» *British Journal for the Philosophy of Science*, 4 (1953), pp. 147ff.

إضافة إلى ذلك، يجب أن تقرأ الجملة الأولى في الهامش 1 ص 351، (المصدر نفسه، ص 83)، عوضاً من شكلها الحالي لأن الإسناد إلى أطروحة هامبلان. (* هذا التصحيح الأخير موجود في النسخة المعاد طبعها في هذا الكتاب؛ انظر الهامش ص 439، وص 110).

(33) قارن: Charles Santiago Peirce, *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, 8 vols. (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1931-58), vol. 2, p. 421, and John Maynard Keynes, *A Treatise on Probability* (London: Macmillan, 1921), pp. 71-78.

(انظر أيضاً ص 321 وبعدها منه، «The Amount of Evidence»، والفهرس)؛ انظر: Isidore Jacob Good, *Probability and the Weighing of Evidence* (London: Charles Griffin and co., 1950), pp. 62f;

انظر أيضاً: Clarence Irving Lewis, *An Analysis of Knowledge and Valuation* (La Salle, Ill.: Open Court Publishing Co., [1946]), pp. 292f., and Carnap, *Logical Foundations of Probability*, pp. 554 f.

تتوقف أكثر بكثير على رغباتنا ومخاوفنا من توقفها على تأملاتنا العقلانية. ويقود هذا التفهم إلى تفسير الاحتمال كشدة أو درجة المعتقد ما دام هذا المعتقد مبرراً عقلانياً. ويصبح الرجوع في هذه الحالة إلى شدة المعتقد أو درجته لا طائل منه ويصبح بالتالي ضرورياً استبدال التعبير «درجة المعتقد» «بدرجة عقلانية المعتقد». إلا أنه لا يجب أن يستخلص من هذه الملاحظات أني مستعد لقبول أي شكل من أشكال التفسير الذاتي[34].

3. سأكتفي لشرح مشكل وزن إثباتات الوقائع اختصاراً للحجم بإعطاء مثل واحد للمفارقات التي أشرت إليها. وسنسميه «مفارقة وزن الحالات التجريبية أو إثبات الوقائع المثالي».

لتكن z قطعة نقد وa القضية: «إن الرمية n التي لم ترصد بعد ستكون وجهاً». يمكن القبول في إطار النظرية الذاتية بأن الاحتمال (القبلي) المطلق للقضية a يساوي $1/2$ أي أنه يصح

$$p(a) = 1/2 \qquad (1)$$

ولنقبل الآن بأن e واقع إحصائي، أي تقرير إحصائي يعتمد على رصد آلاف بل ملايين الرميات للقطعة z؛ وليكن الواقع e مواتياً للفرضية القائلة إن z متناظرة تماماً، إنها قطعة جيدة بتوزيع متساوٍ. (لنلاحظ هنا أن e ليس كل التقرير المفصل عن نتيجة كل رمية ـ لنقبل بأن هذا التقرير قد ضاع ـ وإنما ملخص إحصائي لمجمل التقرير ليس إلا؛ يمكن على سبيل المثال أن يكون e المنطوق التالي: «من بين مليون رمية مرصودة لـ z وقع الرمي على الوجه $20 \pm$ 500000 مرة». سترى في النقطة 8 أسفله أن إثبات واقع e' يعطي $1350 \pm$ 500000 حالة سيبقى مثالياً إذا ما قبلت دالتي C وE؛ وفي الواقع فإن e مثالي من وجهة نظر هاتين الدالتين لأنه يتضمن e'). ولدينا فيما يتعلق بـ $P(a,e)$ مثلما $P(a)$

$$p(a,e) = 1/2 \qquad (2)$$

وهذا يعني أن احتمال رمي الوجه يبقى دون تغيير اعتماداً على إثبات الواقع e. لأن لدينا الآن

$$P(a) = P(a,e) \qquad (3)$$

(34) قارن النقطة 12 أسفله، وكذا الفصل الثاني* من: Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

[361] إلا أن هذه الصيغة تفسر من قبل أنصار النظرية الذاتية أن الإعلام e المنظور إليه ككل غير ذي صلة (إطلاقاً) بـ a أو أنه غير ذي مدلول.

وهذا أمر مقلق إلى حد ما لأنه يعني إذا ما صيغ صراحة أن ما سميناه «درجة المعتقدات العقلانية» للفرضية a لا تتأثر بالمرة بالعلم الاختباري الذي جمعناه e؛ وأن عدم وجود معطيات إحصائية عن z يبرر بالضبط نفس درجة المعتقدات العقلانية الذي يبرره وزن الإثباتات المادية لملايين من الرصود المثبتة أو المقوية لمعتقدنا.

4. وبناءً على الأسس التالية فإني أعتقد أنه يستحيل حل المفارقات في إطار النظرية الذاتية. إن المصادرة الأساسية في النظرية الذاتية هو قيام نظام خطي في درجات عقلانية المعتقد بناء على إثباتات الوقائع: أنه يمكن قياسها كدرجات الحرارة على سلم ذي بعد واحد. إلا أن كل محاولات حل مشكل وزن إثباتات الواقع سارت ـ من بيرس إلى غود ـ في إطار النظرية الذاتية بأن أضافت إلى الاحتمال قياساً آخر هو قياس عقلانية المعتقدات المبني على إثباتات الواقع. ولا يهمنا هنا أن يسمى هذا القياس «بعداً آخر للاحتمال» أو «درجة الثقة على ضوء إثباتات الواقع» أو «وزن الوقائع المادية». والمهم فقط هو القبول الضمني باستحالة عزو نظام خطي لدرجات عقلانية المعتقد بناء على إثباتات الواقع. ويعني هذا القبول بوجود أشكال عديدة تؤثر وفقها الوقائع المادية في عقلانية المعتقد. ويكفي هذا القبول لإسقاط المصادرة الأساسية للنظرية الذاتية.

لا يستطيع الاعتقاد الساذج بوجود أنواع من الكيانات المختلفة اختلافاً جوهرياً بعضها عن البعض الآخر إنقاذ النظرية الذاتية. قد نسمي بعضها «درجة عقلانية المعتقد» والأخرى «درجة الثقة» أو «دعم الوقائع». كما لا يستطيع ذلك الاعتقاد الذي لا يقل سذاجة عن سابقه أن هذه القياسات المختلفة تشرح مختلف الـ «*Explikanda*»؛ لأن الطرح القائل بوجود «*Explikandum*» هنا مثل «درجة المعتقد العقلاني» القابل للشرح بواسطة الاحتمال يقوم ويسقط مع التطلب الذي سميته «المصادرة الأساسية».

5. تزول كل هذه الصعوبات حالما نفسر احتمالاتنا موضوعياً. (لا يلعب [362] كون التفسير الموضوعي إحصائياً بحتاً أو قياساً للنزوع نحو التحقق[35] أي دور في

---

(35) فيما يتعلق بتفسير الاحتمال كقياس للنزوع نحو التحقق، انظر أعمالي: Karl Popper: «Three Views Concerning Human Knowledge», in: H. D. Lewis, *Contemporary British Philosophy: Personal Statements*; «Philosophy of Science: A Personal Report,» in: Cecil Alec Mace, ed., *British Philosophy in the Mid-Century: A Cambridge Symposium*, and «The Propensity Interpretation of =

إطار العمل هنا). وعلينا بحسب التفسير الموضوعي إدخال b الذي يوصف شروط التجربة (الشروط التي تعرف متتالية التجارب التي أخذنا مثلنا منها). يمكن مثلاً أن يكون b الإعلام: «إن الرمية موضع السؤال ستكون رمية بالقطعة z التي ضمنا عشوائيتها بخضها». وعلينا إضافة إلى ذلك إدخال فرضية الاحتمال الموضوعية h؛ لتكن h الفرضية «$P(a,b) = 1/2$»[36].

إن ما يهمنا بالدرجة الأولى من وجهة نظر النظرية الموضوعية هو هذه الفرضية h، أي القضية

$$P(a,b) = 1/2$$

6. وإذا أخذنا الآن بعين الاعتبار إثباتات الوقائع e الإحصائية المواتية مثالياً؛ والتي قادتنا إلى «مفارقة إثباتات الوقائع المثالية»، فإنه من الواضح عندئذٍ أن إثباتات الوقائع e تقابل الفرضية h وليس a: إنها مواتية لـ h وحيادية تماماً في واقع الأمر بالنسبة لـ a. وإذا قبلنا أن الرميات الفردية مستقلة وعشوائية فسنصل عندئذٍ في النظرية الموضوعية، من أجل كل إثباتات وقائع إحصائي أياً كان e بطبيعة الحال إلى $P(a,be) = P(a,b)$. أي أن، e، بوجود b غير ذات صلة في واقع الأمر بـ a.

وبما أن e دليل على الفرضية h فإن مشكلتنا تتحول إلى السؤال عن كيفية تعزيز إثبات الوقائع e للفرضية h. والجواب: إذا كان e إثبات وقائع مثالي مواتٍ فإن $E(h,e)$ مثلها مثل $C(h,e)$، أي تعزيز h اعتماداً على e، تتقربان من حدهما الأقصى إذا امتدت العينة التي تستند إليها e إلى الما لا نهاية[37]. وهكذا تقود الوقائع المادية المثالية إلى سلوك مثالي مقابل لـ E وC. ولا توجد أي مفارقة [363] هنا؛ ويمكننا من دون أي عائق قياس وزن إثبات الوقائع e بالنسبة إلى الفرضية h

---

Probability and Quantum Theory,» in: Stefan Korner and M. H. L. Pryce, eds., *Observation and Interpretation: A Symposium of Philosophers and Physicists*, Colston Papers; 9 (London: Butterworth, 1957).

* انظر أيضاً إضافة (1968)، ص 513 من هذا الكتاب.

(36) لنلاحظ أنه يمكن تفسير b ليس كإسم قضية فحسب وإنما كإسم متتالية من الرميات أيضاً. ولا بد في هذه الحالة من تفسير «a» كإسم صف من الأحداث بدلاً عن إسم قضية؛ أما h فتبقى في كل الأحوال إسم قضية.

(37) عرف كل من E وC في مذكرتي الأولى. ويكفي هنا أن نتذكر أن
$E(h,e) = (P(e,h) - P(e))/P(e,h) + P(e)$.

وأن C تتقرب من E في أغلب الحالات الهامة. وقد اقترحت في: *British Journal for the Philosophy of Science*, 5 (1954), p. 324,

أن نعرف $C(x,y)$ على $C(x,y,z) = (P(y,xz) - P(y,z))/(P(y,xz) - P(xy,z) + P(y,z))$ نحصل من هذه العلاقة على $C(x,y)$ بفرض أن z («الإطار الإعلامي» أو المعرفة الخلفية «Background knowledge») هي تحصيل حاصل.

إما بواسطة $E(h,e)$ أو بواسطة $C(h,e)$ أو ـ إذا كنا متعلقين ببعض أفكار كينيز ـ بواسطة القيم المطلقة للدالتين.

7. عندما تكون h كما في حالتنا فرضية إحصائية وe تقريراً عن نتائج الاختبارات الإحصائية لـ h فإن $C(h,e)$ سيكون عندئذٍ قياساً لدرجة تعزيز هذه الاختبارات لـ h، تماماً كما في حالة الفرضية غير الإحصائية.

تجدر الإشارة هنا أنه، خلافاً لما هو عليه الحال عندما تكون الفرضية h غير إحصائية، يمكن تقدير القيمة العددية لـ $E(h,e)$ وحتى لـ $C(h,e)$ بسهولة كبيرة عندما تكون h فرضية إحصائية[38]. (سأعرض في النقطة 8 باختصار كيف يجرى الحساب في الحالات البسيطة ومن بينها بطبيعة الحال في حالة $(h = «P(a,b»1) =)$.

إن التعبير

$$P(e,h) - P(e) \qquad (4)$$

أساسي للدالتين $E(h,e)$ و$C(h,e)$: إن هاتين الدالتين ليستا سوى شكلين مختلفين «المناظمة» التعبير (4). فهما تتزايدان وتتناقضان مع (4). ويعني هذا: علينا للحصول على دليل جيد ـ المواتي جداً لـ h إذا كان صحيحاً ـ إنشاء تقرير إحصائي بحيث (I) تقود e إلى $P(e,h)$ كبير ـ مصداقية فيشر النسبية ***likelihood*** لـ h بالنسبة لـ e ـ، أي إلى قيمة قريبة من 1؛ و(II) تقود e إلى $P(e)$ صغير وجوباً، أي يجب أن يكون $P(e)$ قريباً من 0. يجب علينا بعد إنشاء دليل من هذا القبيل إخضاع e نفسه إلى فحوص تجريبية. (وعلينا محاولة إيجاد وقائع مادية تدحض e).

لنقبل أن h هو القضية

$$P(a,b) = r \quad (5)$$

ولتكن e القضية: «في عينة كبرها n تحقق الشرط b (عينة مأخوذة عشوائياً من المجموع الكلي b)، وa محققة في $n(r \pm \delta)$ حالة»[*5]. يمكننا عندئذ أن نضع، وخاصة من أجل قيم δ الصغيرة[*6]. [364]

$$P(e) \approx 2\delta \qquad (6)$$

---

(38) من المحتمل أن تنكشف الدلات اللوغارتيمية المقترحة من قبل هامبلان وغود في الحالات التي يمكنها حسابها عددياً كتحسين للدالات التي اقترحتها أصلاً (انظر مذكرتي الثانية). يجب الملاحظة، إضافة إلى ذلك أن دالاتي و«درجة الدعم الواقعي» لكيمني وهامبلان ستؤدي من وجهة النظر العددية (وليس على الأساس النظري الذي تستند إليه رغباتنا) إلى نتائج متماثلة في أغلب الحالات.

(*5) نقبل هنا أن التواتر في عينة (مسطرة) مؤلفة من n محدد في أحسن الأحوال بدقة لا تتجاوز $\pm 1/2n$ بحيث يمكننا أن نضع من أجل n متهية $\delta \geq 1/2n$ (وفي العينات الكبيرة نصل ببساطة إلى $\delta > 0$).

(*6) إن الصيغة (6) نتيجة مباشرة لكون محتوى الإعلام لمنطوق ما يتزايد بتزايد دقته بحيث يتزايد =

كما يمكن أن نضع $P(e) = 2\delta$ لأن هـذا سيعني أننا نعـزو احتمالات متساوية ـ وبالتالي الاحتمال $1/(n+1)$ ـ لكل النسب الممكنة $0/n$، $1/n$، $2/n$ . . . n/n التي تقع فيها الخاصة a في العينة المؤلفة من n. ومن هنا يتبع أن علينا أن نضع

$$P(e) = (2d + 1)/(n+1)$$

كاحتمال تقرير إحصائي يعلمنا أن $m \pm d$ مفردا من مجموعة كبرها n يتمتعون بالخاصة a، بحيث نحصل على $P(e) = 2\delta$ عندما نضع $\delta = d + \frac{1}{2}/n + 1$. (إن التوزيع المتساوي الموصوف هنا متطابق مع التوزيع الذي فرضه لابلاس في اشتقاقه لقاعدة التتابع. كما أنه مناسب لتقويم $P(e)$ إذا كان e تقريراً إحصائياً عن عينة. إلا أنه غير ملائم لتقويم الاحتمال النسبي $P(e,h)$ لنفس التقرير وبالنسبة لفرضية h تكون العينة بحسبها نتاج تكرار تجربة n مرة نخرج منها بنتائج مختلفة وباحتمال محدد لكل منها. إن قبول توزيع توافقي، أي توزيع بيرنوللي هو المناسب في هذه الحالة خلافاً لتوزيع لابلاس). نرى من (6) أنه يجب جعل δ صغيراً كي يكون $P(e)$ صغيراً.

إلا أن $P(e,h)$ ـ المصداقية النسبية لـ h عند فيشر ـ ستكون قريبة من 1 بحسب بيرنوللي إذا كان δ كبيراً بما فيه الكفاية (مثلاً إذا كان $\delta \approx 1/2$) أو ـ في حالة كون δ صغيراً ـ إذا كان n، كبر العينة، عدداً كبيراً. ومنه نجد أن $P(e,h) - P(e)$ ومعه دالتينا E وC ستأخذ قيماً كبيرة في حالة واحدة فقط عندما يكون e تقريراً إحصائياً يقول بوجود اتفاق جيد مع الفرضية h في عينة كبيرة عدت جيداً.

[365] وهكذا فسيكون الدليل e أفضل كلما ازدادت دقته (دقة العد المتناسبة عكسياً مع 2δ) وبالتالي دحوضيته أو مضمونه وكلما كبر حجم العينة n، أي المواد الإحصائية لاختبار e. ويمكن عندئذٍ مجابهة الدليل e المنشأ على هذا النحو بنتائج الأرصاد الفعلية.

وكما نرى فإن الوقائع المادية المجمعة سترفع، شريطة أن تكون مواتية، من قيمة E وC. ويمكن بالتالي اعتبار E وC كقياس لوزن الوقائع المادية المواتية لـ h؛

= الاحتمال المنطقي المطلق مع تزايد عدم دقته. قارن مع الفقرتين 34 و37 من هذا الكتاب. (أضف إلى هذا أن لدرجة عدم الدقة وللاحتمال في عينة إحصائية نفس الحدود الدنيا والقصوى أي 0 و1).

ويمكننا أن نقبل إن شئنا أن قيمتهما المطلقة تقيس «وزن» الوقائع المادية بالنسبة لـ h.

8. ولما كان من الممكن تحديد القيمة العددية لـ $P(e,h)$ بالاستعانة بقانون ثنائي الحد (أو بتكامل لابلاس) ولما كان من الممكن بشكل خاص في حال δ صغيراً وضع $P(e)$ مساوياً لـ 2δ استناداً إلى (6) فمن الممكن حساب $P(e,h) - P(e)$ عددياً وكذلك E.

إضافة إلى ذلك، يمكننا من أجل أي n لا على التعيين حساب قيمة $\delta = P(e)/2$ يكون فيها $P(e,h) - P(e)$ أعظمياً. (مع $n = 1000.000$ نحصل على $\delta = 0,0018$). وعلى نحو مماثل حساب قيمة أخرى لـ $\delta = P(e)/2$ يكون فيها E أعظمياً. (نحصل من أجل نفس القيمة لـ n على $\delta = 0,00135$ و$E(h,e) = 0,9946$).

أما في حالة قانون عام h حيث $h = «P(a,b) = 1»$ اجتاز n فحصاً حاسماً وكلها بالنتيجة a فنحصل أولاً على $C(h,e) = E(h,e)$ لأن $P(h) = 0$؛ وعندما نقوّم $P(e)$ بالاستعانة بتوزيع لابلاس و$d = 0$ (كـ $P(e) = 1/(n+1)$) فنحصل على $C(h,e) = n/(n+2) = 1 - (2/(n+2))$. ومع ذلك علينا ألا ننسى أن للنظريات العلمية غير الإحصائية شكلاً آخر مختلفاً تماماً عن الشكل h الموصوف هنا؛ وأنها إذا وضعت بهذا الشكل على نحو اصطناعي إكراهاً فإن «اللحظات» a ومعها أيضاً e ستصبح إثباتات واقع غير رصودة أساساً[7*].

[366] 9. نرى من هذا كله أن فحص الفرضية الإحصائية استنتاجي ـ مثله مثل فحص كل الفرضيات الأخرى: يبنى في البداية دليل ينتج عن الفرضية (أو «ينتج تقريباً»)، رغم أن مضمونه، أي قابلية فحصه عال ثم يواجه بالاختبار.

(7*) ومع ذلك يمكن الحديث عن درجة تعزيز نظرية ما بالنسبة لحقل تطبيق بمعنى الملحقين الأول والثامن* من هذا الكتاب؛ وستصبح عندئذٍ طريقة الحساب التي نوقشت هنا مطبقة. ولما كانت هذه الطريقة تتجاهل البنية الدقيقة للمضمون والاحتمال فإنها غير مرضية عندما تطبق على نظريات غير إحصائية. ولذا يمكننا في مثل هذه الحالات الاعتماد على الطريقة المقارنة التي شرحت في الهامش رقم (22) للمذكرة الأولى. ويجب الإلحاح على أن صياغة نظرية على شكل «xA(x)» يجبرنا بصورة عامة على جعل A محمولاً كبيراً لعقدية وغير رصود. انظر أيضاً الملحق السابع* من هذا الكتاب وعلى وجه الخصوص الهامش رقم (4).

أعتقد أنه قد يكون من المفيد أن نعلن هنا أن الطريقة التي طورت في المتن تتيح لنا الحصول على نتائج عددية - أي على درجات تعزيز عددية ـ في كل الحالات المدروسة من قبل لابلاس أو من قبل المنطقيين المحدثين؛ وهم الذين أدخلوا نظمات اللغات الاصطناعية على أمل ـ وهو أمل خائب ـ الحصول على =

وتجدر الملاحظة أنه إذا كان e تقريراً كاملاً عن أرصادنا ـ لنقل تقريراً عن سلسلة طويلة من الرميات وجه ـ قفا . . . إلخ طولها ألف عنصر، فإنه لن يكون صالحاً للاستعمال كإثبات وقائع لفرضية إحصائية؛ لأن لكل متتالية فعلية طولها n نفس احتمال مثيلاتها (بالنسبة إلى h الذي يفرض الاحتمالات متساوية مثلاً). وهكذا سنحصل على نفس القيمة لـ $P(e,h)$ ومعه لـ E وC أيضاً وتحديداً $E = C = 0$، سواء احتوى e على وجوه فقط أو نصف الرميات وجوه ونصفها الآخر أقفية. وهذا يبيّن أنه لا يمكننا استعمال كل معرفتنا المرصودة لا في صالح h ولا ضده وإنما علينا أن نختار من البيانات الإحصائية تلك التي يمكن مقارنتها بقضايا تنتج من h أو ذات احتمال كبير بالنسبة لـ h على الأقل. وهكذا إذا كان e مكوناً من النتائج الكاملة للرميات فإنه غير صالح للاستعمال إطلاقاً على هذا الشكل كدليل على فرضية إحصائية. إلا أنه يمكن استعمال معطيات أضعف منطقياً نحصل عليها من e بالذات كوسطي تواتر الرميات لأن فرضية احتمالية لا تستطيع شرح نتائج البحث إلا بتفسيرها إحصائياً ولا يمكن بالتالي امتحانها وتعزيزها إلا بملخصات إحصائية ـ وليس على سبيل المثال «بمجموع الوقائع المادية المتاحة» المؤلفة لتقرير الأرصاد بأكمله؛ حتى عندما يمكن استعمال مختلف تفسيراته الإحصائية كأدلة ممتازة لها وزنها[8*].

= مترية قبلية لاحتمال محمولاتهم، مترية ضرورية في نظرهم للوصول إلى نتائج عددية. أما أنا فقد حصلت على درجات تعزيز عددية في حالات عديدة تذهب أبعد بكثير من إمكانات نظمات اللغة هذه، ذلك أن بناء محمولات مقيسة لا يخلق أي مشكلة خاصة لطريقتي. (ثم إنها لميزة كبيرة ألا نحتاج إلى إدخال أي مترية للاحتمال المنطقي لأي من المحمولات التي عولجت، انظر انتقادي في النقطة 3 «للمذكرة الثانية»، وكذلك مقدمتي الثانية (1959) من هذا الكتاب).

(8*) تكتسي هذه النقطة أهمية معتبرة في مشكلة القيمة العددية للاحتمالات اللازمة لتعيين $C(x,y)$ أي المشكلة المناقشة في النقطة 3 من «المذكرة الثانية» والمعالجة في هذه المذكرة أيضاً. انظر على وجه الخصوص الهامش رقم (ا*) لهذا الملحق. فلو كان علينا أن نحدد الاحتمال المطلق لمجموع الوقائع المادية «المتاحة» المؤلف من ترافق عدد كبير من تقارير الرصد لاقتضى ذلك منا معرفة الاحتمال المطلق (أو «اتساع») لكل تقرير كي نستطيع تكوين جدائها حيث نفرض الاستقلال المطلق لهذه التقارير (كما وضح في الملحق السابع* من هذا الكتاب). ولكن تحديد الاحتمال المطلق لملخص إحصائي لا يقتضي قبول فرضية تتعلق بالاحتمال المطلق لتقارير الأرصاد أو باستقلالها. ذلك أنه من الواضح، حتى من دون فرض توزيع لابلاس، وجوب صلاحية (6) من أجل القيم الصغيرة لـ δ لسبب بسيط هو وجوب كون مضمون e قياساً لإحكامه، قارن الفقرة 36 من هذا الكتاب، وبالتالي وجوب قياس الاحتمال المطلق باتساع e المساوي لـ 2δ. ويمكن عندئذ قبول توزيع لابلاس على أنه أبسط فرض لتساوي الاحتمال مؤدٍ إلى (6). لنشر في هذا السياق أنه يمكن القول أن توزيع لابلاس يرتكز على عالم من العينات (وليس من الأشياء أو الأحداث). ويتبع عالم العينات المختار بطبيعة الحال الفرضية الممتحنة. ويقود قبول تساوي الاحتمال وفي كل عالم عينات بمفرده إلى توزيع لابلاس.

[367] وهكذا يبيّن تحليلنا أن الطرق الإحصائية هي استنتاجية من الفرضية أساساً وأنها تعمل بواسطة استبعاد الفرضيات غير المناسبة ـ كما تفعل كل الطرق الأخرى في العلوم.

10. عندما يكون δ صغيراً جداً ومعه $P(e)$ ـ وهو ما يقع عندما تكون العينات كبيرة ـ فيصح عندئذٍ نظراً لـ (6)

$$P(e,h) \approx P(e,h) - P(e) \quad (7)$$

وهكذا يمكن في هذه الحالة وفيها فقط قبول دالة المصداقية لفيشر كقياس ملائم لدرجة التعزيز. وعلى العكس يمكننا تفسير قياسنا لدرجة التعزيز كتعميم لدالة المصداقية عند فيشر، كتعميم على الحالات ـ كحالات وجود δ كبيرة نسبية ـ التي تصبح فيها دالة المصداقية لفيشر غير كافية وضوحاً. لأن الأمر يقتضي ألا تبلغ المصداقية النسبية لـ h على ضوء الوقائع المادية e قيمة قريبة من الحد الأقصى بكل بساطة (ولو جزئياً) لنقص الإحكام (ولو جزئياً) في الوقائع المادية الإحصائية المتاحة e.

إنه لمن غير المرضي، كي لا نقول إنه من المفارقة، أن ينتج عن إثبات وقائع إحصائي e يعتمد على مليون رمية وعلى $\delta = 0,00135$ نفس المصداقية النسبية عددياً $P(e,h) = 0,9930$ التي تنتج من إثبات وقائع إحصائي e' بمئة [368] رمية فقط كأساس و$\delta = 0,135$[*9]. (إلا أنه من المقبول تماماً أن نجد $E(h,e) = 0,9946$ بينما $E(h,e') = 0,7606$).

11. لنلاحظ أن الاحتمال المنطقي المطلق لقانون عام h ـ أي $P(h)$ ـ في عالم لامنته معدوم بصورة عامة. وعلى هذا الأساس تصبح $P(e,h)$ ـ أي مصداقية h النسبية ـ غير محددة في أغلب نظمات الاحتمال، لأن $P(e,h)$ معرف في أغلب النظمات بالعلاقة $P(eh)/P(h) = 0/0$. ولذا فإننا في حاجة إلى حساب احتمالات صوري يعطينا قيماً معينة لـ $P(e,h)$ حتى في حالة $P(h) = 0$،

(*9) بدت «المصداقية النسبية» لفيشر في حالات عديدة غير مرضية حدسياً. لتكن x «إن الرمية القادمة بهذا النرد ستكون ستة» عندئذٍ ستبلغ المصداقية النسبية لـ x اعتماداً على الوقائع المادية y القيمة 1، أي القيمة القصوى، إذا عزونا لـ y على سبيل المثال المعاني التالية: «الرمية القادمة عدد زوجي» أو ستظهر «الرمية القادمة عدداً أكبر من 4» أو حتى تظهر «الرمية القادمة عدداً مختلفاً عن 2». (إن قيم $C(x,y)$ على ما يبدو مرضية: وهي بالترتيب 3/8، 4/7، 1/10). انظر تعريف C في الهامش رقم (37) أعلاه.

ويعطي على الدوام وعلى نحو متواطئ: $P(e,h) = 1$ كل مرة تنتج فيها e من h أو «تنتج تقريباً» لقد نشرت قبل زمن قصير نظمة تحقق هذه المتطلبات[39].

12. يمكن تفسير $E(h,e)$ الذي أعطيناه كقياس ملائم لاستطاعة الشرح لـ h بالنسبة لـ e حتى ولو لم يكن e تقريراً عن محاولات حقيقية ومخلصة لدحض h. أما دالتنا $C(h,e)$ فلا يمكن تفسيرها بشكل ملائم كدرجة تعزيز لـ h ـ أو درجة عقلانية اعتقادنا بـ h على ضوء الفحوص ـ إلا إذا كان e مؤلفاً من تقارير عن نتائج محاولاتنا المخلصة لدحض h وليس من تقارير عن محاولات التأكد من صحة h.

وكما يتضح من الجملة السابقة فإن إطروحتي هي التالية: إنه لمن الخطأ الظن أنه من الممكن تفسير الاحتمال كقياس لعقلانية الاعتقاد (وهو تفسير مرفوض نظراً لمفارقات إثباتات الوقائع المثالية) إلا أنه يمكن لدرجة التعزيز أن تفسر على هذا النحو[40]. أما فيما يخص حساب الاحتمالات فإنه يتيح عدداً كبيراً من التفسيرات المختلفة[41]. وفي الواقع فإن «درجة المعتقد العقلاني» لا تنتمي إلى أي منها ومع ذلك يوجد تفسير منطقي يفهم الاحتمال فيه كتعميم لقابلية الاستنتاج. إلا أنه لا توجد علاقة تذكر بين منطق الاحتمال هذا وتقديراتنا الفرضية لحظوظ وقوع حدث ما أو عدم وقوعه. لأن منطوقات الاحتمال التي نعبر فيها عن هذه التقديرات [369] إنما هي تقويمات افتراضية للإمكانيات الموضوعية الملازمة لوضع خاص ـ للظروف الموضوعية للوضع، في الإعداد والترتيب التجريبي مثلاً. تخضع هذه التقديرات الافتراضية (التي لا تشتق من أي شيء آخر وإنما تمثل تخمينات حرة قد توصي بها اعتبارات تناظر أو تثيرها معطيات إحصائية) في حالات هامة عديدة إلى امتحانات إحصائية فهي ليست على الإطلاق تقديرات لعدم معرفتنا: وإلا فإن

(39) *British Journal for the Philosophy of Science*, 6 (1955), pp. 56f.

يوجد شكل مبسط لنظمة الموضوعات هذه في أعمالي: Popper: «Philosophy of Science: A Personal Report,» in: Mace, ed., *British Philosophy in the Mid-Century: A Cambridge Symposium*, p. 191, and «The Propensity Interpretation of Probability and the Quantum Theory,» in: Korner and Pryce, eds., *Observation and Interpretation: A Symposium of Philosophers and Physicists*,

وقد أشرت إليها في الهامش رقم (35) أعلاه. (يجب تبديل > الأخير بـ ≠ في الهامش 3، ص 67 من المصدر الأخير، وفي (B) و(C) يجب بدأ سطر جديد بعد السهم الثاني). * انظر الآن الملحق الرابع* من هذا الكتاب.

(40) قارن عنوان الفقرة في: *British Journal for the Philosophy of Science*, 6 (1955).

(41) قارن: Popper, «A Set of Independent Axioms for Probability,» pp. 275f.

الأطروحة المقابلة، كما رأى ذلك بوانكاريه بكل وضوح، هي رؤية حتمية للكون(42) (وإن كانت عن غير وعي).

ومن وجهة النظر هذه يحاول «لاعب عقلاني» على الدوام تقدير الحظوظ الموضوعية. ولكن الحظوظ الموضوعية التي هو مستعد لقبولها لا تمثل في أي حال قياساً «الدرجة اعتقاده» (كما يفرض عادة) وإنما هي بالأولى موضوع اعتقاده. إنه يعتقد بالوجود الموضوعي لحظوظ معينة: إنه يعتبر فرضية احتمال موضوعية *h* حقيقة. وإذا أردنا قياس درجة اعتقاده (بهذه الحظوظ أو بأي قبول آخر) سلوكاتياً، فقد يكون علينا عندئذٍ أن نعرف مدى استعداده للمغامرة بجزء من ثروته، تحدد قيمته، في الرهان المقترح عليه (بمبالغ متساوية) على صحة اعتقاده ـ على صحة تقديره للحظوظ ـ بفرض أنه من الممكن إثبات هذه الصحة.

أما فيما يخص درجة التعزيز فإنها ليست أكثر من قياس الدرجة، التي امتحنت بها فرضية ما *h* ودرجة وقوفها في وجه هذه الامتحانات. ولهذا لا يصح تفسيرها كدرجة عقلانية اعتقادنا بالفرضية *h*؛ لأننا نعرف حقا أن $C(h,e) = 0$ صحيحة دوماً عندما تكون *h* حقيقة منطقياً. إن درجة التعزيز هي بالأحرى قياس عقلانية قبول موقت لتخمين إشكالي ـ وعلى وعي أن الأمر يتعلق بقبول سيمتحن بصرامة وبعمق.

13*. تشكل النقاط الإثنتا عشرة السابقة «المذكرة الثالثة» كما نشرت في *B.J.P.S.* وأريد هنا إضافة نقطتين أفصل فيهما بعض التأملات الأكثر صورية المحتواة ضمنياً في هذه المذكرة.

إن المشكلة الأولى التي أفكر فيها هنا هي مرة أخرى مترية الاحتمال المنطقي(43) وعلاقتها بالتفريق بين المنطوقات الاحتمالية الأولية والثانوية كما [370] أسميه. إن طرحي هو أن توزيع لابلاس وبيرنوللي يزودنا على المستوى الثانوي بالمترية المبتغاة.

سنتعامل مع نظمة من العناصر $S_1 = \{a,b,c,a_1,b_1,c_1...\}$ (بمعنى نظمتنا للمصادرات من الملحق الرابع*). سينتج من هذه العناصر منطوقات احتمال من

(42) قارن: Henri Poincaré, *Wissenschaft und Method = Science et méthode*, Autorisierte Deutsche Ausg. mit Erläuternden Anmerkungen von Ferdinand and Lisbeth Lindemann, Wissenschaft und Hypothese; 17 (Leipzig; Berlin: B. G. Teubner, 1914), IV, I.

نشر هذا الفصل للمرة الأولى في: *La Revue du mois*, 3 (1907), pp. 257-276, et *The Monist*, 22 (1912), pp. 31-52.

(43) قارن المذكرة الثانية في هذا الملحق، النقطة 3.

الشكل «$p(a,b) = r$» سنسميها «منطوقات الاحتمال الأولية». يمكن اعتبار منطوقات الاحتمال الأولية هذه عناصر نظمة ثانوية $\{e,f,g,h...\} = S_2$؛ حيث «e»، «f» الخ أسماء قضايا من الشكل $p(a,b) = r$.

والآن إن كل ما تقوله مبرهنة بيرنوللي على وجه التقريب هو ما يلي: لنقبل أن h هي «$p(a,b) = r$»، يصح عندئذٍ: إذا كانت h صحيحة وإذا كررت الشروط التجريبية b في متتالية طويلة فالاحتمال كبير جداً أن يكون تواتر وقوع a مساوياً لـ r (أو قريبا جداً من r). ليكن «$\delta_r(a)_n$» المنطوق ستقع a في متتالية طويلة مؤلفة من n تكراراً بتواتر $r \pm \delta$. تقول مبرهنة بيرنوللي عندئذ أن احتمال $\delta_r(a)_n$ يقترب من القيمة 1 بتزايد n إذا كانت h معطاة أي إذا كانت $p(a,b) = r$. (وتقول كذلك أن هذا الاحتمال يبقى قريباً من 0 على الدوام إذا صحت $p(a,b) = s$ حيث s خارج المجال $r \pm \delta$. وهذا أمر هام لدحض فرضيات الاحتمال).

ينتج مما سبق أنه يمكن كتابة مبرهنة بيرنوللي على شكل قضية (ثانوية) في الاحتمالات النسبية تتعلق بالعنصرين g وh من S_2 على الشكل التالي

$$\lim_{n \to \infty} p(g, h) = 1$$

حيث $g = \delta_r(a)_n$ وh الإعلام بأن $p(a,b) = r$، أي أن h منطوق احتمال أولي وg منطوق أولي عن تواتر نسبي.

وكما تبيّن هذه التأملات يجب علينا أن نأخذ في S_2 في آن واحد منطوقات التواتر مثل g أي $\delta_r(a)_n$ ومقبولات الاحتمال أو تقديرات الاحتمال الافتراضية مثل h. وعلى هذا الأساس تبدو في صالح التجانس في S_2 مطابقة كل منطوقات الاحتمال والتي هي عناصر في S_2 مع منطوقات تواتر، أو بعبارة أخرى، قبول نوع من أنواع التفسير التواتري للاحتمال لقضايا الاحتمال الأولية $e, f, g, h...$، التي تكون عناصر S_2. ويمكننا في الوقت نفسه قبول التفسير المنطقي للاحتمال لمنطوقات الاحتمال ذات الشكل

$$P(g,h) = r$$

أي لمنطوقات الاحتمال الثانوية التي تقيم الدعاوى على درجة الاحتمال لمنطوقات الاحتمال الأولية g وh. [371]

وهكذا، وحتى لو لم تكن لدينا أي مترية (مطلقة) منطقية لقضايا الاحتمال الأولية، أي حتى لو كانت قيم $p(a)$ أو $p(b)$ مجهولة كليّاً لدينا، يمكننا أن

نمتلك مترية مطلقة لمنطوقات الاحتمال الثانوية: يزودنا توزيع لابلاس بمترية من هذا القبيل، إن $P(g)$ الاحتمال المطلق لـ g، أي لـ $\delta_r(a)_n$ هو بحسب هذا التوزيع مساو لـ 2δ، وهذا سواء كان g مرصوداً تجريبياً أو فرضية؛ ومنه تحصل فرضية الاحتمال النموذجية على القيمة $P(h) = 0$ لأن لـ h الشكل «$p(a,b) = r$» من أجل $\delta = 0$. وبما أن طرق بيرنوللي قد سمحت بحساب قيم الاحتمال النسبي $P(g,h)$ بواسطة التحليل الرياضي البحت، فمن الممكن اعتبار الاحتمالات النسبية $P(g,h)$ محددة على أساس منطقي بحت. ولهذا يبدو قبول التفسير المنطقي لحساب الاحتمالات الصوري مبرراً تماماً على المستوى الثانوي.

والخلاصة: يمكننا القول إن طرق بيرنوللي ولابلاس تدلنا على الطريق لإنشاء مترية منطقية بحتة للاحتمالات على المستوى الثانوي بشكل مستقل عن مسألة وجود مترية منطقية على المستوى الأولي أو عدم وجودها. وبهذا تحدد طرق بيرنوللي المترية المنطقية للاحتمالات النسبية (وعلى وجه الخصوص «المصداقية» الثانوية للفرضيات الأولية) وتحدد طرق لابلاس المترية المنطقية للاحتمالات المطلقة (وعلى وجه الخصوص للتقارير الإحصائية عن العينات).

مما لا شك فيه أن جهود بيرنوللي ولابلاس كانت منصبة في المقام الأول على إنشاء نظرية استقراء احتمالية وكانا يميلان، على ما يبدو، إلى مطابقة C مع p. ولا حاجة لي للقول إني لا أشاطرهم هذه الفكرة: إن النظريات الإحصائية ككل النظريات الأخرى استنتاجية ـ افتراضية. وككل النظريات الأخرى تمتحن النظريات الإحصائية بمحاولات تفنيدها ـ بمحاولات لاختزال مصداقيتها الثانوية إلى الصفر أو إلى ما يقارب الصفر. ولا تتسم درجة تعزيزها C بشيء من الأهمية إلا إذا كانت نتيجة لمثل هذه الامتحانات؛ لأنه ما من شيء أسهل من انتقاء مواد إحصائية بحيث تكون مواتية لفرضية إحصائية ـ عندما نرغب بذلك.

14*. قد يخطر في البال التساؤل في ختام هذه السلسلة من الأفكار عما إذا كنت قد غيرت قناعاتي من دون أن أشعر. لأنه قد يبدو ألا شيء يمنعنا من تسمية $C(h,e)$ الاحتمال الاستقرائي لـ h بالنسبة لـ e، أو ـ إذا ما لاح لنا أن هذه الصيغة [372] مضللة نظراً لعدم خضوع C إلى قوانين حساب الاحتمالات ـ «درجة عقلانية اعتقادنا بـ h اعتماداً على e». حتى أنه ليمكن لنقاد استقرائي خير أن يهنئني على حل هذا المشكل القديم في الاستقراء وبشكل إيجابي بفضل دالتي C وعلى إثباتي بشكل قاطع، بالاستعانة بالدالة C، صحة المحاكمات الاستقرائية؛ خلافاً لدعواي

أني وجدت حلاً بالمعنى السلبي لمشكل الاستقراء (وتحديداً بمعنى أن الاستقراء مستحيل منطقياً ليس هذا فحسب وأنه في الواقع لا وجود له).

سأرد على ذلك بقولي إني لا أعارض في إعطاء ما نشاء من الأسماء لـ $C(h,e)$ سواء كانت هذه الأسماء متاسبة أو غير مناسبة: فالمصطلحات لا تعنيني في شيء مادامت لا تضللنا. كما أنني لست ضد توسيع معنى كلمة «استقراء» ـ ما دام لا يضللنا. ومع ذلك فإني ألح على أنه لا يمكن تفسير $C(h,e)$ كدرجة تعزيز إلا إذا كان e تقريراً عن أكثر الفحوص صرامة التي يمكن أن نتصورها. هذه هي النقطة التي يتبيّن فيها الفرق بين موقف نظريي الاستقراء أو التحقق وبين موقفي. إن ما يريده النظري في الاستقراء أو في التحقق هو توكيد لفرضية. ويأمل أنها ستتقوى بواسطة الوقائع المادية e: إنه يفتش عن تقوية، عن تيقن، عن تأكيد. ويمكنه أن يتفهم في أحسن الأحوال أنه يجب أن نكون موضوعيين في اختيارنا لـ e بمعنى ألا نتجاهل الحالات غير المواتية، وبمعنى أنه يجب أن تحتوي معطيات e على مجموع ما نعلمه بالرصد المواتي منه وغير المواتي. (لنلاحظ أنه يستحيل تمثيل التطلب الاستقرائي، بوجوب أن تضم e كل ما نعلمه بالرصد، في أي هيكلة. إنه تطلب غير صوري، مع أن الصورية هي شرط الملاءمة الذي يجب تحققه إذا أردنا تفسير $p(h,e)$ كدرجة عدم كمال علمنا بـ h)[*10].

أما أنا فأدعي، خلافاً لوجهة النظر الاستقرائية هذه، أن $C(h,e)$ لا يمكن أن تفسر كدرجة تعزيز لـ h بواسطة e إلا إذا كان e تعبيراً عن نتائج جهودنا المخلصة لدحض h. إن تطلب الإخلاص في الجهود غير صوري، مثله مثل التطلب الاستقرائي بوجوب تمثيل e لمجموع ما نعلمه بالرصد. إلا أنه إذا لم يتكون e من [373] معطيات عن محاولات مخلصة لدحض h فإننا سنغش أنفسنا إذا ظننا أنه بإمكاننا تفسير $C(h,e)$ كدرجة تعزيز أو ما شابه ذلك.

وقد يرد نقادي الاستقرائي الخير أنه ما يزال لا يرى سبباً يمنع من اعتبار الدالة C حلاً موجباً لمشكل الاستقراء التقليدي. لأن (هذا ما يمكن أن يقول)

(*10) إضافة (1968). أخذ علي في الفقرة 3 من: Imre Lakatos, ed., *The Problem of Inductive Logic*, Studies in Logic and the Foundations of Mathematics; 2 (Amsterdam: North Holland Publishing Co., 1968), p. 157,

أني لم أشر إلى المراجع في التطلبات الاستقرائية (Popper provides no quotations)، بوجوب احتواء e على مجموع ما نعلمه، لهذا أود أن أشير إلى أني، وفي المجلد المذكور، ص 137 أعدت طباعة القاعدة المذكورة مع كل المراجع إلى كتاب: Carnap, *Logical Foundations of Probability*, p. 201, I_6 and I_7, § 43 B.

جوابي مقبول كلياً لنظري الاستقراء ذلك أنه في الواقع عرض لما يسمى «طريقة الاستقراء المقصي» ليس إلا ـ طريقة استقرائية كانت معروفة جيداً عند بيكون ـ فيفيل (Whewell) وميل ولم تنس بعد من قبل بعض نظريي احتمال الاستقراء. (مع أن نقادي قد يعترف أن هؤلاء النظريين لم ينجحوا في دمج الطريقة في نظرياتهم).

أما رد فعلي فهو إبداء الأسف على فشلي المستمر في محاولة شرح النقطة الأساسية في رؤياي بوضوح كاف. لأن الغرض الوحيد للإقصاء الموحى به من قبل كل هؤلاء المنظرين في الاستقراء كان تثبيت ودعم هذه النظرية الباقية على قيد الحياة قدر المستطاع، لأنهم كانوا يؤمنون أنها الصحيحة (أو بدرجة احتمالها العالية فقط، طالما أننا لم ننجح في إقصاء كل النظريات غير الصحيحة).

وأنا على خلاف ذلك لا أعتقد أن باستطاعتنا تخفيض عدد النظريات المتنافسة بشكل ملموس لأن عددها يبقى لامنتهياً. إن ما على النظري فعله هو التمسك بالنظرية الأقل احتمالاً الباقية على قيد الحياة أي بالنظرية الخاضعة لأكثر الاختبارات صرامة. «نقبل» هذه النظرية موقتاً ـ ونعني بهذا القبول أنها تستحق إخضاعها إلى انتقادات إضافية وإلى أكثر الفحوص صرامة التي يمكننا تصورها ـ.

والنتيجة الإيجابية لهذه الإجراءات هي أن تبرر لنا القول إن النظرية الباقية على قيد الحياة هي الأفضل ـ والمختبرة على أفضل نحو ـ فيما نعرف من نظريات[11*].

(11*) إضافة عام (1968). رغم أن كلمة «الأفضل» في الجملة الأخيرة قد فتحت المجال لنفس التفسيرات الخاطئة التي حاولت مكافحتها في النقطة 14* من هذا الملحق فإني قد لا أكون بحاجة إلى التكرار من جديد أن «جودة» النظريات المتنافسة الباقية على قيد الحياة تتوقف على مضمونها وعلى قابلية فحصها. انظر أيضاً الإضافات ص 300-302، 426-428، و438 من هذا الكتاب.

* إضافة عام (1975) قدم د. أ. جيليس (D. A. Gillies) إسهاماً هاماً في مسألة بتية الفرضيات الاحتمالية في: Douglas Angus Gillies, *An Objective Theory of Probability* (London: Methuen, 1973).

[374]

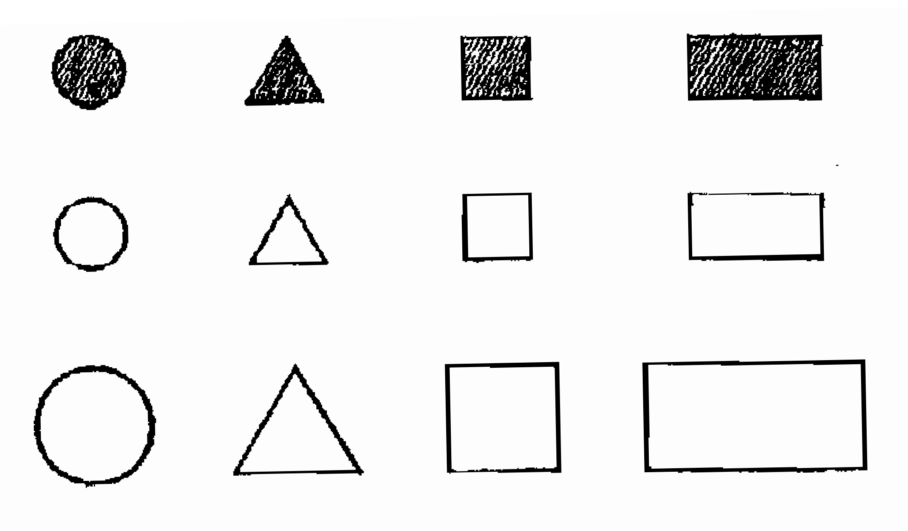
الملحق العاشر*

الكليات والأمزجة والضرورة الطبيعية

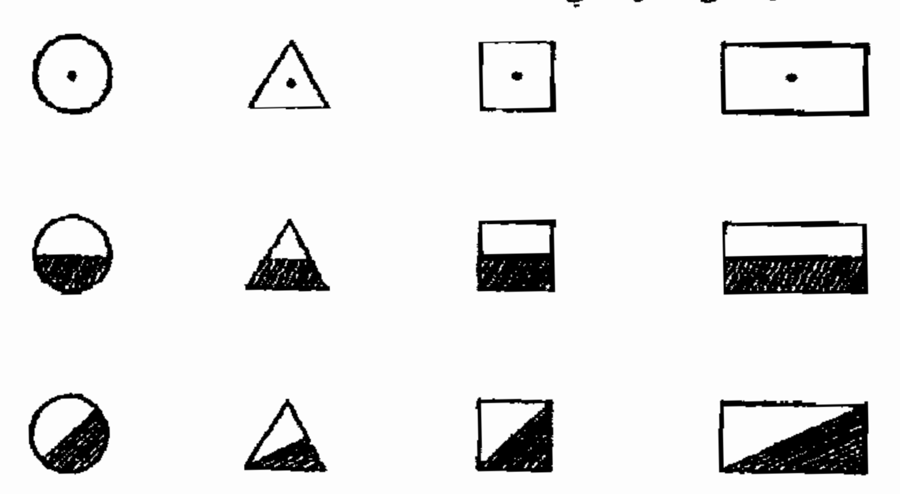
(*1*) إن أساس كل نظريات الاستقراء هو مذهب أولوية التكرار. ويمكننا إذا ما تذكرنا وجهة نظر هيوم في هذه المسألة تمييز فارقين لهذا المذهب. يمكن تسمية النوع الأول (والذي انتقده هيوم) مذهب الأولوية المنطقية للتكرار، وهو القائل إن تكرار بروز ظاهرة ما يبرر لنا بشكل أو بآخر قبول قانون عام. (وبصورة عامة فإن فكرة التكرار مرتبطة بفكرة الاحتمال). والنوع الثاني (والذي دافع عنه هيوم) الذي يمكن تسميته مذهب الأولوية الزمنية (والنفسية) للتكرار ودعواه: أنه حتى وإن لم يكن التكرار في أي حال من الأحوال مبرراً لقبول قانون عام وقبول ما يرتبط بهذا القانون من توقع واعتقاد فإنه في واقع الأمر يحثنا على فعل ذلك ـ أياً كانت ضآلة تبرير أو عقلانية هذه الواقعة (أو هذا الاعتقاد).

إلا أنه لا يمكن الاحتفاظ بأي من هذين الفارقين لمذهب أولوية التكرار، لا الفارق الأقوى صاحب دعوى الأولوية المنطقية ولا الأضعف القائل بالأولوية الزمنية (أو السببية أو النفسية). (لا يوجد، بعبارة أخرى، أي استقراء بالتكرار ويختلف «التعلم» المعتمد على التكرار اختلافاً أساسياً عن «التعلم» القائم على اكتشافات جديدة). وهذا ما تبيّنه لنا محاكمتان مختلفتان كلياً الواحدة عن الأخرى.

أولاً، تقف ضد أولوية التكرار حقيقة أن التكرار الذي نعيشه هو تكرار تقريبي. وأقصد بذلك أن التكرار *B* للحدث *A* لا يتطابق معه، ونعني بالتطابق عدم إمكانية تمييزه من *A*، ولكنه مماثل له كثيراً أو قليلاً. إلّا أنه إذا كان التكرار يعتمد على التماثل وحده فيجب عندئذٍ أن يتصف بالعلامة المميزة للتماثل أي بنسبيّته. فالتماثل بين شيئين متماثلين هو تماثل في وجه من الوجوه. ويمكن توضيح ذلك برسوم بسيطة.



إذا نظرنا إلى هذا المخطط نجد أن بعض الأشكال متماثلة من حيث ترقينها أو عدم ترقينها والبعض الآخر من حيث صورتها أو من حيث كبرها. ويمكن توسيع [375] هذا الجدول على النحو التالي:



وكما نرى بسهولة فإن إمكانات التماثل غير محدودة.

وتبيّن هذه المخططات أن الأشياء تتماثل في وجوه عديدة وأن شيئين متماثلين من وجهة نظر معينة يمكن أن يكونا غير متماثلين من وجهة نظر أخرى. ويمكن القول بصورة عامة إن التماثل ـ ومعه التكرار ـ يفترض على الدوام تبني وجهة نظر معينة: قد تجلب بعض التماثلات أو التكرار انتباهنا عندما نكون مهتمين

بمشكل محدد، وبعض التماثلات الأخرى عندما نهتم بمشكل آخر. وإذا كان التماثل والتكرار يفترضان تبنّي وجهة نظر معينة أو الاهتمام بمشكل محدد، أو [376] بتوقع معين، فمن الضروري منطقياً عندئذٍ أن تأتي هذه الأمور أولاً: وجهات النظر، فالاهتمامات، فالتوقعات والتكرارات، المنطقية منها والزمنية. إلا أن هذا الاستتباع يتعارض مع مذهب الأولوية المنطقية ومذهب الأولوية الزمنية (وبالتالي السببية، النفسية) للتكرار على حد سواء[1].

ويمكن أن نضيف أننا سنجد بشيء من الحذاقة بعض وجهات النظر لتماثل وفقها الأشياء المنتمية إلى زمرة منتهية أو مجموعة من الأشياء، جمعت كيف اتفق، (أو لتتساوى جزئياً). وهذا يعني أنه يمكن النظر إلى شيء ما أو إلى حدث ما على أنه «تكرار» لأي شيء آخر شريطة تبنّي وجهة النظر المناسبة. وهذا يبيّن مدى سذاجة اعتبار التكرار كشيء نهائي أو معطى. ويرتبط ما نقوله هنا ارتباطاً قوياً بالواقع (المشار إليه في الملحق السابع* الهامش رقم (13))، وهو أنه من الممكن إيجاد قاعدة رياضية («قانون») من أجل أي متتالية منتهية معطاة من أصفار وآحاد تسمح لنا بإنشاء متتالية غير منتهية تبدأ بهذه المتتالية المنتهية.

وآتي الآن إلى الفكرة الثانية التي تنتج منها الأسس المعقولة المضادة لأولوية التكرار: توجد قوانين ونظريات مختلفة كلياً من حيث النوع عن «كل البجع أبيض» رغم أنها قد تكون مصوغة على نحو مماثل. لنأخذ النظرية الذرية عند القدماء. يمكن تلخيصها (في أحد أبسط أشكالها) بالجملة: «كل الأجسام المادية مركبة من جسيمات». إلا أنه من الواضح أن الشكل «كل...» غير ذي أهمية نسبياً في هذا القانون. وأقصد بهذا قول ما يلي: إن تبيان أن جسماً طبيعياً مفرداً ـ قطعة حديد مثلاً ـ مركب من ذرات أو جسيمات لا يقل صعوبة عن تبيان أن كل البجع أبيض. فدعوانا في الحالتين تتعالى على الخبرة التي نحصل عليها بالرصد المباشر. ويصح الشيء نفسه على كل النظريات العلمية تقريباً. إننا لا نستطيع أن نبيّن مباشرة ولو من أجل جسم مفرد واحد في الطبيعة أنه يتحرك حركة مستقيمة عندما لا يكون خاضعاً لأي قوة؛ أو أنه يتجاذب مع جسم آخر بحسب قانون التثاقل. توصِّف كل هذه النظريات ما يمكننا أن نطلق عليه اسم الخواص البنيوية للكون؛ وهي خواص تخرج

---

(1) توجد بعض الأمثلة على هذه الحجة، بقدر ما هي موجهة ضد مذهب الأولوية الزمنية للتكرار (أي ضد هيوم)، في المقاطع IV وV لعملي: Karl Popper, «Philosophy of Science: A Personal Report,» in: Cecil Alec Mace, ed., *British Philosophy in the Mid-Century. A Cambridge Symposium* (London: Allen and Unwin, [1957]).

(وهو الآن الفصل الأول من كتابي: *Conjectures and Refutations*).

دائماً عن نطاق أي اختبار ممكن. وليست الصعوبة في اشتقاق عمومية القانون، في [377] هذه النظريات البنيوية، من تكرار الحالات الفردية بقدر ما هي في السؤال عن كيف يمكن أن نبرهن أن القانون صحيح ولو في حالة واحدة فقط؛ ذلك أن توصيف كل حالة منفردة والتحقق منها يفترضان من جهتهما وجود النظريات البنيوية[2].

لقد رأى العديد من الاستقرائيين هذه الصعوبة. وحاول كثيرون ممن رأوها، مثل بيركلي، خلق تمييز ضابط بين التعميمات البحتة للأرصاد والنظريات «المجردة» أو «الخفية» مثل نظرية الجسيمات أو نظرية نيوتن؛ واعتمدوا في محاولتهم قاعدة للتخلص من المشكل، كما فعل بيركلي، مفادها أن النظريات المجردة ليست منطوقات حقيقية عن العالم وإنما مجرد أدوات ـ أدوات تستعمل للتنبؤ بالظواهر الرصودة. لقد سميت وجهة النظر هذه بالأدوية وانتقدتها بشيء من التفصيل في مواضع أخرى[3]. سأكتفي هنا بالقول إني أرفض الأدوية معطياً سبباً واحداً لهذا الرفض وهو أن الأدوية لم تحل في واقع الأمر مشكل الخواص «المجردة»، «الخفية»، «البنيوية». لأن هذا النوع من الخواص، خلافاً لما كان يظن بيركلي وأتباعه، لا يوجد في النظريات «المجردة» وحسب وإنما يستعمل باستمرار من قبل الجميع وفي اللغة الاعتيادية في واقع الأمر. يسمو كل منطوق من منطوقاتنا تقريباً على الخبرة. ولا يوجد أي خط يفصل بالضبط بين «اللغة التجريبية» و«اللغة النظرية»: إننا نعيش في النظريات دوماً حتى عندما نتلفظ بالقضايا الخاصة الأكثر تفاهة. وهذا ما يقودنا إلى المشكل الرئيسي الذي سأتفحصه في هذا الملحق.

(2) عندما نقول «كل البجع أبيض» فإن الخاصة المحمولة «أبيض» رصودة باعتراف الجميع؛ وهذا ما يمكّننا إن اقتضى الأمر من القول إن القضية المفردة «هذه البجعة هنا بيضاء» مبنيّة على الرصد. ومع ذلك فإن القضية تسمو على الخبرة، ليس بسبب الكلمة «بيضاء» وإنما بسبب الكلمة «بجعة» لأننا عندما نسمي شيئاً «بجعة» فإننا نعزو إليه صفات تتجاوز فيها بكثير الرصد الصرف ـ صفات لا تبعد إلا قليلاً عن المنطوق الذي ينعت الشيء المذكور بأنه مركب من جسيمات.

---

(2) انظر المقطع الأخير في الفقرة 25 من هذا الكتاب، ص 124 أعلاه.

(3) قارن أعمالي: Karl Popper: «A Note on Berkeley as a Precursor of Mach,» *British Journal for the Philosophy of Science*, 4 (1953), and «Three Views Concerning Human Knowledge,» in: H. D. Lewis, ed., *Contemporary British Philosophy: Personal Statements*, Muirhead Library of Philosophy; 3 (London: Allen and Unwin, 1956), vol. 3.

أعيد طبع هاتين النشرتين في كتابي: Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, 1963, and 1965.

وهكذا ليست النظريات الأكثر تجريداً الشارحة هي وحدها التي تسمو على الخبرة وإنما يشمل ذلك أيضاً القضايا المنفردة العادية. لأن هذه القضايا الخاصة [378] نفسها هي على الدوام تفسيرات «الوقائع» على ضوء النظريات. (وهذا يصح أيضاً على الوقائع المذكورة. إنها تتضمن عموميات وحيث تصح العموميات يسود الموقف القانوني).

لقد شرحت باختصار في آخر الفقرة 25 كيف يسمو استعمال الكليات مثل «كأس» أو «ماء» في «يوجد هنا كأس ماء» على سبيل المثال على الخبرة بالضرورة. ويعود ذلك إلى أن الكلمتين «كأس» و«ماء» مستعملتان لتمييز الطابع القانوني لسلوك الأشياء (أو «المزاج» الأشياء): ويمكن تسميتها «كلمات المزاج» وبما أن كل قانون يسمو على الخبرة ـ وهو تعبير آخر لعدم قابلية التحقق من صحته ليس إلا ـ فإن كل محمول ينطق عن السلوك القانوني يسمو بدوره على الخبرة: ولهذا فإن القضية «يحتوي هذا الحاوي على الماء» فرضية يمكن مراقبتها وليس التحقق من صحتها وتسمو على التجربة[4]. ولهذا السبب يستحيل «إنشاء» أي مفهوم كلي حقيقي (كما حاول كارناب ذلك) ونعني تعريفه بمصطلحات الخبرة أو الرصد الصرفة أو «اختزاله» إلى الخبرة والرصد البحتين: وبما أن لكل الكليات طابعاً مزاجياً فإنه من المستحيل اختزالها إلى الخبرة. ويجب علينا إدخالها كتعابير غير معرَّفة باستثناء تلك التي يمكننا تعريفها بواسطة كليات أخرى غير خبروية (عندما نقرر تعريف الماء مثلاً بأنه تركيب لذرتي هيدروجين وذرة أوكسجين).

(3) يغيب عن الأذهان في كثير من الأحيان أن الكليات بجموعها مزاجية لأنه يمكن للكليات أن تكون مزاجية بدرجات متفاوتة. وهكذا فمن الواضح أن للمحمول في «حلول» أو «كسور» درجة مزاجية أعلى من «محلول» أو «مكسور». إلا أنه لا يفهم أحياناً أن «محلولاً» و«مكسوراً» هما بالذات محمولان مزاجيان أيضاً. لن يقول الكيميائي إن السكر أو الملح محلول بالماء إذا لم يكن يتوقع استرجاع السكر أو الملح بتبخير الماء. ولهذا تشير كلمة «محلول» إلى ظرف

(4) وبما أن الأمر يتعلق بقضية منفردة فليس الحديث عن تناظر بين عدم قابلية التحقق وعدم قابلية التفنيد بالخطأ الكبير، كما هو عليه الحال في القضايا العامة. لأننا إذا أردنا تفنيد قضية منفردة فيجب علينا افتراض صحة قضية منفردة أخرى غير قابلة التحقق مثلها مثل الأولى. وحتى هنا فإن نوعاً من عدم التناظر لا يزال قائماً. ذلك أنه يصح عموماً: إننا بقبولنا صحة أو بطلان دليل ما فإننا لا نستطيع البرهان إلا على بطلان القضية الخاضعة للفحص وليس على صحتها. لأن هذا البرهان الأخير سيتطلب عدداً لامتناهياً من الأدلة. انظر أيضاً الفقرة 29 من هذا الكتاب، والفقرة 22* في: **Karl Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.***

[379] مزاجي. أما فيما يخص المحمول «مكسور» فعلينا أن نتأمل في تصرفنا عندما نكون على شك بتحطم أو كسر شيء ما - بشيء أسقطناه مثلاً أو بعظم في جسدنا: نراقب سلوك الشيء موضع السؤال ونحاول أن نتثبت من إظهار أجزائه أو عدم إظهارها لقابلية حركات أو انزياحات غير اعتيادية. وهكذا يشير «مكسور» مثله مثل «محلول» إلى مزاج لسلوك نظامي قانوني محدد. وعلى نفس النحو نقول عن سطح إنه أحمر أو أبيض إذا كان مزاجه عكس الضوء الأحمر أو الأبيض والظهور بالتالي في ضوء النهار بمظهر أحمر أو أبيض. وبصورة عامة يصبح الطابع المزاجي لكل خاصة كلية واضحاً حالما نفكر بالفحوص التي يتوجب علينا القيام بها إذا ما انتابنا الشك بوجود الخاصة موضع البحث في إحدى الحالات المعينة.

وهكذا تبوء محاولة التمييز بين المحمولات المزاجية وغير المزاجية بالفشل؛ على غرار محاولة خلق فرق بين التعابير النظرية (أو اللغات) وغير النظرية (التجريبية، الرصدية، الوقائعية، المعتادة). ولعل ما يحدث في مثل هذه المحاولات هو التالي: يعتبر الناس أن ما تعلموه قبل بلوغهم عمراً محدداً حرجاً هو وقائع و«اعتيادي» وأن ما سمعوه بعد ذلك هو نظري أو «أدوي لا غير» (يبدو أن العمر الحرج يتوقف على النوع النفساني).

(4) تسمو القوانين العامة على الخبرة لمجرد عموميتها وكونها كلية وبالتالي تسمو على أي عدد منته من لحظاتها الرصودة؛ والقضايا المنفردة تسمو على الخبرة لأن المفاهيم الكلية، الموجودة فيها بشكل نظامي، تفترض أمزجة لسلوك قانوني ومعها قوانين عامة (أقل عمومية مبدئياً). وبالتالي فإن القوانين العامة تسمو على الخبرة بطريقتين على الأقل: عن طريق عموميتها وبوجود تعابير عامة مزاجية فيها. وتسمو على الخبرة بمقدار أكبر عندما تكون التعابير المزاجية الموجودة فيها ذات درجة مزاجية أعلى أي إذا كانت أكثر تجريداً. وتوجد طبقات درجات عموميتها أعلى فأعلى ومعها سموها[5].

إن هذا السمو هو سبب كون القوانين أو النظريات العلمية غير قابلة للتحقق [380] وكونها لا تفترق بصورة عامة عن النظريات الميتافيزيائية إلا لأنها قابلة للفحص والدحض التجريبيين.

---

(5) أحاول أن أشرح بأي معنى يمكننا أن نشير إلى هذا باسم «الطبقات العميقة» أيضاً وذلك في الفصل الأول من: Hans Albert, ed., *Theorie und Realität: Ausgewahlte Aufsatze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften*, Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften; 2 (Tübingen: Mohr, 1964), pp. 84f.

ولكن لماذا نستعمل هذه القوانين العامة المتسامية بدلاً من الالتزام «بالخبرة»؟ يوجد جوابان عن هذا السؤال:

(*a*) لأننا بحاجة لها: لأنه لا توجد «خبرة صرفة» وإنما خبرة مفسرة على ضوء التوقعات أو النظريات «المتسامية» لا غير.

(*b*) لأن النظري إنسان يريد شرح الاختبارات ولأن الشرح يقتضي استعمال فرضيات شارحة ويجب على هذه الفرضيات[6] أن تسمو على ما نأمل بشرحه.

إن السبب المعطى في (*a*) سبب براغماتي أو أدواتي، ورغم أني أؤمن بصحته فإنه لا يعادل في نظري أهمية السبب المعطى في (*b*). لأنه ولو استطعنا الاستغناء عن النظريات الشارحة في المجال العملي (للقيام بالتنبؤ على سبيل المثال) فسوف لن يؤثر ذلك إطلاقاً على أهداف النظري[7].

(5) لقد ادعينا في مواضع عديدة في هذا الكتاب أن النظريات تسمو على الخبرة بالمعنى المشار إليه هنا. ووصفنا في ذات الوقت النظريات كقضايا عامة على نحو صارم.

لقد صدر عن ويليام كنيل انتقاد ثاقب لوجهة النظر القائلة إنه يمكن التعبير بشكل ملائم عن النظريات أو قوانين الطبيعة بقضايا كلية مثل «تتحرك كل الكواكب

---

(6) لكي تكون قابلة للفحص بشكل مستقل، انظر الفصل الأول في: المصدر المذكور.

(7) يدعي كارناب بإمكانية الاستغناء عن النظريات. قارن: Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability* (Chicago: University of Chicago Press, 1950), pp. 574f.

إلا أن الافتراض بإمكانية انسحاب تحليل كارناب، حتى ولو كان متماسكاً بحد ذاته، بشكل مشروع من نموذج اللغة عنده على «لغة العلم» لا يقوم على أي أساس. انظر مقدمتي لعام 1959. وقد ناقش و. كريغ (W. Craig) في مقالين بالغي الأهمية بعض برامج الاختزال، انظر: William Craig: «On Axiomatizability within a System,» *Journal of Symbolic Logic*, vol. 18, no. 1 (1953), pp. 30ff., and «Replacement of Auxiliary Expressions,» *Philosophical Review*, 65 (1956), pp. 38 ff.

ويمكن أن نقول إضافة إلى ملاحظاته الناقدة الممتازة على طريقته الخاصة لإقصاء «المفاهيم المساعدة» (أو المفاهيم المتسامية) ما يلي: (I) يتوصل إلى إقصاء النظريات الشارحة أساساً برفع عدد لامتناه من المبرهنات إلى مرتبة الموضوعات (أي بصياغة تعريف جديد «للموضوعة» يشاطر شمولية تعريف المبرهنة من وجهة نظر اللغة الجزئية «المنقاة» ويحل محله). (II) يقوده في الإنشاء الفعلي للنظمة المنقاة، بطبيعة الحال، العلم بالنظريات الواجب إقصاؤها. (III) لم تعد النظمة المنقاة نظمة شارحة ولم تعد بالتالي قابلة للفحص بالمعنى الذي يمكن أن تكون به النظمات الشارحة قابلة للفحص، هذه القابلية المرتبطة أساساً بمحتوى النظمة الشارحة الإعلامي وبعمق هذا الإعلام. ويمكن الادعاء وبحق أن لموضوعات النظمات المنقاة عمقاً معدوماً ـ بمعنى الفقرة 15* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, أي الفصل الأول في: Albert, ed., *Theorie und Realität: Ausgewahlte Aufsatze zur Wissenschafislehre der Sozialwissenschaften*; and 2. verbesserte Aufl., 1972.

[381] في مدارات إهيليجية». ولقد وجدت انتقاد كنيل صعب الفهم ولا أزال إلى اليوم غير واثق تماماً من أني فهمته فهماً صحيحاً ولكني آمل ذلك[8].

أعتقد أنه يمكن صياغة الفكرة الأساسية عند كنيل كما يلي: رغم أن القضايا العامة تشتق من قوانين الطبيعة إلا أن هـذه الأخيرة أقوى منطقياً من تلك. فقانون الطبيعة لا يكتفي بالدعوى «كل الكواكب تتحرك في مدارات إهليجية». وإنما بالأحرى يدعي شيئاً من قبيل «كل الكواكب تتحرك بالضرورة في مدارات إهليجية». ويسمي كنيل القضـايا من هذا النوع «مبدأ الفعل بالضرورة» «أو مبدأ بالضرورة» (*Principle of Necessitation*) اختصاراً. وأنا أرى أنه لم يوفق في توضيح الفرق بين القضية العامة ومبدأ الضرورة. إنه يتكلم على «تطلب صياغة تعريف مضبوط لمفهومي العارض والضروري»[9]. ثم ما نلبث أن نقرأ بدهشة: «إن كلمة «ضرورة» هي في واقع الأمر الأقل صعوبة ـ من بين كل الكلمات التي نتعامل معها في هذا الفرع من الفلسفة»[10] ويحاول كنيل في الحقيقة أن يقنعنا بين هذين المقطعين بأن «معنى هذا الفرق» ـ تحديداً الفرق بين الضروري والعارض ـ «يفهم بسهولة بالأمثلة»[11] ولكني وجدت أمثلته محيرة. إلا أن من واجبي القول، بفرض أني نجحت في فهم كنيل، إن نظريته الموجبة للقوانين الطبيعية غير مقبولة إطلاقاً على ما يبدو لي. ومع ذلك فإني أعتبر انتقاداته قيمة جداً.

(6) وأريد أن أعرض الآن مستعيناً بمثل ما أعتبره المحتوى الأساسي لانتقاد كنيل الموجه ضد الفكرة التي ترى أن تصوير قوانين الطبيعة كقضايا عامة كاف منطقياً ومُرْضٍ حدسياً.

لنأخذ على سبيل المثال حيواناً منقرضاً: الموة، وهو طائر كبير تنتشر عظامه

---

(8) قارن: .William Calvert Kneale, *Probability and Induction* (Oxford: Clarendon Press, 1949)
إن أحد الأسباب التي جعلتني أجد صعوبة في فهم انتقاد كنيل، وإن لم يكن أهمها، هو أنه كان يلخص في بعض المواضع بشكل جيد بعض وجهات نظري بينما يبدو في أمكنة أخرى وكأنه لم ير ما كنت أريد قوله. انظر مثلاً الهامش رقم (26) أسفله.

(9) Kneale, Ibid., p. 32.

(10) المصدر نفسه، ص 80.

(11) المصدر نفسه، ص 32. إن إحدى الصعوبات هي أن كنيل يبدو أحياناً وكأنه قد قبل آراء لايبنيز «إن حقيقة ما ضرورية إذا كان نفيها يستتبع تناقضاً؛ عندما لا تكون ضرورية فتسمى عارضاً». قارن: Gottfried Wilhelm Leibniz, *Die philosophischen Schriften = The Philosophical Writings*, 7 vols., Edited by Carl Immanuel Gerhardt, vol. 3, p. 400, and vol. 7, pp. 390 ff.;
ويستعمل كنيل في مواضع أخرى «ضروري» بمعنى أوسع مما يفعل لايبنيز.

بكثرة في بعض المستنقعات في نيوزيلاندا. (وقد حفرت بنفسي هناك بحثاً عنها). نقرر أن اسم موة (*Moa*) ليس اسماً خاصاً وإنما هو اسم كلي[12] نستعمله من أجل [382] بنية بيولوجية محددة. إلا أنه يجب علينا أن نقر أنه من الممكن تماماً بطبيعة الحال ـ بل وعلى أغلب الظن أيضاً ـ أنه لم يوجد ولن يوجد في كل الكون طير من هذه الطيور عدا التي عاشت في نيوزيلاندا.

لنقبل أيضاً أن البنية البيولوجية لمتعضي الموة كانت بحيث تتيح له العيش إذا ما واتت الظروف ستين عاماً أو أكثر. ولنقبل إضافة إلى ذلك أن شروط الحياة لم تكن مثالية في حال من الأحوال لعيش هذا الطير في نيوزيلاندا (نظراً لوجود نوع معين من الفيروسات مثلاً) وأن أي طير من هذه الطيور لم يعمر خمسين عاماً. ستصبح في هذه الحالة القضية العامة الصارمة «تموت كل طيور الموة قبل أن تبلغ خمسين عاماً» قضية صحيحة؛ لأنه نظراً لما قبلناه من فروض لم ولن يوجد وسوف لا يوجد في العالم موة يتجاوز عمرها الخمسين سنة. وبالتالي لن تكون هذه القضية العامة قانوناً طبيعياً؛ وبما أنه من الممكن، نظراً لنفس هذه الفروض، أن تعيش الموة لمدة أطول فإن واقع الأمر بعدم تعمير أي موة هذه السنين في الحقيقة يرجع إذاً إلى ظروف طارئة أو عارضة ـ أي إلى وجود الفيروسات في هذه الأزمان ـ.

يبيِّن هذا المثل أنه توجد قضايا عامة صارمة صحيحة لا تأخذ طابع قانون طبيعي صحيح وإنّما طابعاً طارئاً. وهكذا فإنه غير كافٍ منطقياً وغير مرضٍ حدسياً تصوير القوانين الطبيعية كقضايا صارمة.

(7) يدلنا هذا المثل أيضاً على المدى الذي يمكننا فيه وصف قوانين الطبيعة «كمبادئ الضرورة» أو «مبادئ الاستحالة». لأنه من الممكن نظراً لفروضنا ـ وهي فروض معقولة ـ أن تبلغ موة في ظروف مواتية عمراً أكبر من أي عمر بلغته موة فعلاً. أما إذا وجد قانون طبيعي يقيد عمر متعضي هذه الأنواع من الطيور بخمسين عاماً فسيصبح عندئذٍ من غير الممكن أن يمتد عمر أي موة إلى أطول من ذلك. وهكذا تضع القوانين الطبيعية بعض الحدود للإمكانيات.

كل هذا في رأيي مقبول حدسياً: وقد عبرت في أماكن عديدة من كتابي عن هذا التصور الحدسي عندما كتبت أن القوانين الطبيعية تمنع وقوع أحداث معينة وأن لها طابع المانع. وأعتقد أنه من الممكن بل ومن المفيد أيضاً التعبير عن

(12) انظر الفقرة 14، الفصل الثالث من هذا الكتاب.

خواص القوانين الطبيعية هذه وعن نتائجها المنطقية بالقول «ضرورة طبيعية» أو «ضرورة فيزيائية».

[383] (8) إلا أني أرى أنه من الخطأ بخس تقدير الفرق بين هذه الضرورة وأنواع الضرورة الأخرى كالمنطقية مثلاً. لنقل على وجه التقريب أننا نصف بالضروري منطقياً كل ما يمكن أن يكون صحيحاً في عالم نتصوره. يمكن تصور قانون التثاقل لنيوتن مثلاً كقانون طبيعي صحيح في أي عالم ـ وأنه عندئذٍ وبنفس القدر ضروري طبعاً في هذا العالم ـ إلا أنه من الممكن أن نتصور عالماً لا يصح فيه هذا القانون بدقة ـ عالم آنشتاين على سبيل المثال.

ينتقد كنيل هذا النوع من المحاجة بالإشارة إلى تخمين كولدباخ (Goldbach)، بإمكانية تمثيل أي عدد زوجي $2n$ $(n > 1)$ بمجموع عددين أوليين: يمكن بحسب كنيل تصور صحة قضية كولدباخ وتصور بطلانها كذلك رغم أنها قد تبرهن أو (تدحض) وهي بهذا رياضياً منطقياً ضرورية أو مستحيلة. يستتبع كنيل من هذا أن «ضرورة قضية في الرياضيات لا تدحض بقابلية تصور قضية مقابلة مناقضة»[13]. ولكن إذا كان الأمر كذلك «فلماذا»، يسأل كنيل، «علينا قبول أنها تدحض بهذا الشكل في العلوم الطبيعية ؟»[14]. أعتقد أنه قد أعطي في هذه المحاجة وزن كبير لكلمة «يتصور». إضافة إلى ذلك يعمل كنيل بمعنى لهذه الكلمة ينحرف عن المعنى المقصود في الرياضيات: يمكننا القول، حالما نحصل على برهان على قضية كولدباخ، أنه لا يتصور وجود عدد زوجي $n2$ $(n > 1)$ لا يتكون من مجموع عددين أوليين ـ بمعنى أن هـذا التصور سيقودنا إلى نتـائج متناقضـة ـ من بينها الدعوى أن $0 = 1$ وهو ما «لا يمكن تصوره». إلا أنه بمعنى آخر يتصور أن $0 = 1$ وذلك بأن نستعمل هذه المساواة، ككل المنطوقات الرياضية الباطلة، كفرضية نقبلها في برهان غير مباشر. يأخذ البرهان غير المباشر في الواقع الشكل التالي: «لنتصور أن a صحيحة علينا عندئذ أن نقر أن b صحيحة. لكننا نعلم أن b خلافية. وهكذا فلا يتصور أن تكون a صحيحة». إن استعمال كلمتي يتصور ولا يتصور هذا مبهم وغامض نوعاً ما، إلا أن الدعوى بعدم صواب البرهان بحجة أنه يستحيل عدم تصور صحة a لأننا بدأنا برهاننا بتصورنا صحة هذه الـ a بالذات، دعوى مضللة.

وهكذا فإن «لا يتصور» في المنطق والرياضيات هي ببساطة كلمة أخرى لـ «مؤدي إلى تناقض واضح». إن الممكن أو المتصور منطقياً هو كل ما لا يقود إلى

(13) Kneale, *Probability and Induction*, p. 80.

(14) المصدر نفسه.

[384] تناقض واضح وغير الممكن أو اللامتصور هو كل ما يقود إلى ذلك. عندما يقول كنيل إنه من الممكن أن يتصور نقيض مبرهنة فإنه يستعمل هذه الكلمة بمعنى مختلف ـ وبمعنى جيد جداً ومبرر من دون شك ـ ولكن حجته غير صحيحة.

(9) وهكذا فإن افتراضاً ممكن منطقياً عندما لا يناقض نفسه أي عندما يكون غير متناقض؛ وهو ممكن فيزيائياً عندما لا يناقض قوانين الطبيعة. وبين هذين المعنيين ما يكفي من الأشياء المشتركة لتفسير إعطاء نفس الكلمة لهما؛ إلا أن غض النظر عن الفرق بينهما أو محوه لن يؤدي إلا إلى التشويش والارتباك.

إن للقوانين الطبيعية، بالمقارنة مع تحصيلات الحاصل المنطقية، طابع عرضي طارئ. ولقد وعى لايبنيز ذلك بوضوح. فقد علمنا[15] أن الكون هو من صنع الله مثلما مختلف أنواع القطع الموسيقية من صنع الفنان. يمكن للفنان أن يختار بحرية نوعاً معيناً ولكنه يقيد بهذا الاختيار بالذات حريته: إنه يخضع إبداعه إلى مبادئ استحالة معينة، على إيقاعه مثلاً وعلى كلماته ولو إلى حد أقل في كل الأحوال. ويمكن أن تبدو الكلمات مقارنة بالإيقاع عارضة طارئة. ولكن هذا لا يعني أن اختياره للشكل أو للإيقاع لم يكن عارضاً ما دام بإمكانه اختيار شكل وإيقاع آخرين.

وكذلك الأمر في قوانين الطبيعة فهي تفرض قيوداً على مجال الوقائع المنفردة الممكنة (منطقياً). وهكذا توجد مبادئ استحالة بالنسبة لهذه الوقائع المنفردة وتبدو هذه الوقائع المنفردة بالمقارنة مع القوانين الطبيعية عارضة إلى حد كبير. ومع أن القوانين الطبيعية ضرورية فعلاً مقارنة بالوقائع الفردية فهي عارضة مقارنة بتحصيلات الحاصل المنطقية. نظراً لإمكانية وجود عوالم مختلفة بنيوياً ـ عوالم بقوانين طبيعية مختلفة ـ.

تقابل الضرورة والاستحالة في الطبيعة الضرورة والاستحالة في الموسيقى. تقابل استحالة إيقاع بأربع نبضات في المونويت التقليدي أو استحالة إنهائه بسابعة متناقضة أو بتنافر آخر. تفرض الضرورة الطبيعية للكون مبادئ بنيوية. ولكنها تترك للوقائع المنفردة العارضة ـ للشروط على الحدود ـ حرية كبيرة جداً.

نستطيع القول إذا ما طبقنا مثل الموة على الموسيقى: لا يوجد قانون موسيقي يمنع بموجبه كتابة المونويت وفق مقام معين. ومع ذلك فمن الممكن أنه لم ولن [385] تكتب أي مونويت في هذا المفتاح غير المألوف. وبهذا يمكننا التمييز بين القوانين الموسيقية الضرورية وبين القضايا العامة الصحيحة عن وقائع تاريخ الموسيقى.

(15) قارن: Leibniz, *Die philosophischen Schriften*, vol. 7, p. 390.

(10) أما وجهة النظر المقابلة القائلة إن قوانين الطبيعة ليست عرضية بأي معنى كان، وهي وجهة النظر التي يأخذ بها كنيل إذا كنت قد فهمته فهماً صحيحاً، فإنها خاطئة في رأيي مثلها مثل الأطروحة التي انتقدها كنيل بحق والقائلة إن القوانين الطبيعية ليست سوى قضايا عامة صحيحة.

يمكن التعبير عن تفهم كنيل القائل إن القوانين الطبيعية ضرورية بنفس معنى ضرورة تحصيلات الحاصل المنطقية بصياغات دينية على النحو التالي: لقد كان أمام الإله الخيار بين خلق كون فيزيائي وعدمه ولكنه ما أن اختار حتى فقد حرية اختيار شكل وبنية هذا الكون؛ ذلك أن هذه البنية - أي الانتظامات الطبيعية الموصَّفة بالقوانين الطبيعية - هي بالضرورة ما هي عليه، فإن كل ما كان يمكن أن يفعله هو اختيار الشروط على الحدود بحرية.

أعتقد أن ديكارت دافع عن وجهة نظر مشابهة. فبحسب ديكارت تنتج كل القوانين الطبيعية بالضرورة من مبدأ تحليلي (التعريف الجوهري «للجسم») ووفق هذا المبدأ إن «كون الجسم» يعني نفس الشيء «ككون الامتداد»، ومن هنا يجب أن نستنتج أنه لا يمكن أن يكون لجسمين مختلفين نفس الامتداد (أو نفس الحيز المكاني). إن هـذا المبدأ مشابه في واقع الأمر للمثال الرئيسي لكنيل «ما من شيء هو أحمر تماماً هو أخضر تماماً أيضاً»[16]. إلا أن الفيزياء بتجاوزها هذه «الحقائق البدهية» كما يسميها كنيل مؤكداً على تشابهها مع تحصيلات الحاصل المنطقية[17] بلغت انطلاقاً من نيوتن عمقاً في التبصر بقيت الديكارتية بعيدة عنه كلياً.

إن المذهب القائل إن قوانين الطبيعة ليست عارضة في أي معنى من المعاني هو أحد الأوجه، القاسية بشكل خاص، لهذه الفلسفة التي أشرت لها في مواضع أخرى باسم مذهب الذاتية وانتقدتها[18]. لأنه ينتج من مذهب عدم العارضية المطلق لقوانين الطبيعة مذهب وجود أسس شرح نهائية أي الدعوى بوجود نظريات

---

(16) قارن: Kneale, Ibid., p. 32,
انظر أيضاً على سبيل المثال ص 80 من المصدر المذكور.

(17) المصدر نفسه، ص 33.

(18) انـظـر: Karl Popper: *Das Elend des Historizimus*, section 10; *Offene Gesellschaft und ihre Feinde* = *The Open Society and Its Enemies*, vol. 1, chap. 3, section 6; and vol. 2, chap. 1, and «Three Views Concerning Human Knowledge,» in: Lewis, ed., *Contemporary British Philosophy: Personal Statements*,
وهـو الآن فـي الـفـصـل الـثـالـث مـن كـتـابـي: *Conjectures and Refutations: The Growth of Scienctific Knowledge*, 1963, and 1965.

شارحة غير قابلة بدورها لشرح إضافي وليست بحاجة له. لأننا إذا نجحنا في إرجاع كل قوانين الطبيعة إلى «مبادئ الضرورة» الصحيحة ـ أي إلى حقائق بدهية مثل لا يمكن لشيئين ممتدين جوهرياً أن يأخذا نفس الحيز المكاني أو أن لا شيء أحمر [386] تماماً أخضر تماماً أيضاً ـ فإننا سنصبح بدون حاجة إلى أي شرح إضافي، ليس هذا فحسب وإنما يصبح الشرح نفسه مستحيلاً.

لا أرى أي أساس يمكن أن يقوم عليه مذهب وجود أسس شروح نهائية وأرى على العكس أسباباً كثيرة ضده. فكلما ازداد تعلمنا للنظريات ولقوانين الطبيعة كلما غابت عن ذاكرتنا حقائق ديكارت البدهية المفهومة بحد ذاتها وغابت التعاريف الذاتية أيضاً. إن ما يكشف العلم عنه ليس حقائق بدهية. إن أحد مظاهر عظمة العلم وجماله هو أننا نتعلم عبر بحثنا الفردي النقاد أن الكون مختلف كلياً عما نتخيله ـ قبل أن تؤجج دحوضات نظرياتنا السابقة قوى التخيل فينا ـ وما من شيء يدل على وجوب توقف هذه السيرورة[19].

تتلقى كل هذه الطروحات الحجج الداعمة القوية من اعتباراتنا حول المضمون وحول الاحتمال المنطقي (المطلق). إذا لم تكن قوانين الطبيعة مجرد قضايا كلية صارمة فيجب أن تكون أقوى منطقياً من القضايا العامة المقابلة، ذلك أن هذه الأخيرة مشتقة منها لزوماً. إلا أن الضرورة المنطقية لـ a تعرف، كما رأينا (نهاية الملحق الخامس*)، بالعلاقة المعرفة

$$p(a) = p(a, \bar{a}) = 1$$

وعلى العكس فإننا نحصل من أجل القضايا العامة[20] :

$$p(a) = p(a, \bar{a}) = 0$$

ويجب أن يصح الشيء نفسه من أجل كل قضية أقوى منطقياً. ومن هنا فإن قانون الطبيعة، بالنظر إلى مضمونه الكبير، أقصى ما يكون بعداً عن قضية ضرورية منطقياً، ككل قضية غير متناقضة بصورة عامة. وهو أقرب بكثير منطقياً من قضية عامة «طارئة صرفة» منه إلى حقيقة بديهية منطقياً.

---

(19) قارن بشكل خاص الفقرة 15* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, and Albert, ed., *Theorie und Realität: Ausgewahlte Aufsatze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften.*

(20) قارن نفس الملحق والملحقين السابع* والثامن* من هذا الكتاب.

(11) إن خلاصة هذا النقاش هي أنني مستعد لقبول انتقاد كنيل ما دمت متفقاً مع الرأي القائل بوجود فئة معينة من القضايا، قوانين الطبيعة تحديداً، أقوى منطقياً من القضايا العامة المقابلة. ولا تتلاءم هذه الرؤيا على ما أظن مع أي نوع من نظريات الاستقراء. كما أنها ليست ذات تأثير يذكر على منهجيتي الذاتية. وعلى عكس ذلك فمن الواضح أن المبدأ المقترح أو المخمن المدعي باستحالة بعض السيرورات بحاجة إلى التفحص وذلك بأن نحاول تبيان إمكانية هذه السيرورات، [387] أي بإحداثها. وهذا هو على وجه التحديد منهج الفحص الذي أدافع عنه.

وهكذا فإن وجهة النظر المتبناة هنا لا تقتضي أي تغيير في منهجيتي: إن ما يحتاج إلى بعض التغيير يقع في اختصاص علم الوجود والميتافيزياء. نعبر عن هذا التغيير بقولنا إننا عندما نخمن أن a قانون طبيعي فإننا نعني أن a يعبر عن خاصة بنيوية لعالمنا، خاصة تمنع وقوع بعض السيرورات المنفردة أو الحالات الممكنة منطقياً. (وهذا ما شرحناه بالتفصيل في الفقرات 21 ـ 32، 79، 83 و85 من هذا الكتاب).

(12) يمكن شرح الضرورة المنطقية، كما بيَّن تارسكي، بالاستعانة بالعامية: نقول عن قضية إنها ضرورية منطقية إذا كانت مشتقة من دالة قضايا «صحيحة عامة» (بالتخصيص مثلاً) أي من دالة تتحقق في كل منوال[21]. (وهذا يعني أنها صحيحة في كل أنواع العوالم الممكنة).

أعتقد أنه يمكننا بالاستعانة بنفس الطريقة توضيح ما نعنيه بالضرورة الطبيعية؛ لأنه يمكننا قبول التعريف التالي:

(N^{o}) نقول عن قضية إنها ضرورية فيزيائياً (ضرورية طبيعياً) إذا وفقط إذا كانت تشتق من دالة قضايا محققة في كل العوالم التي لا يميزها من عالمنا شيء، إن وجد، سوى الشروط على الحدود.

إننا بطبيعة الحال لا نستطيع أبداً أن نعلم إذا كنا أمام قانون حقيقي أو أمام قضية تظهر فعلاً بمظهر القانون ولكنها في واقع الأمر تابعة لشروط على الحدود معينة تسود في منطقتنا من الكون[22]. ولهذا يستحيل علينا القول اليقين عن أي

---

(21) قارن مقالي: Karl Popper, «A Note on Tarski's Definition of Truth,» *Mind*, 64 (1955), p. 391.

(22) قارن الفقرة 79 من هذا الكتاب.

قضية غير منطقية معطاة إنها في الواقع ضرورية طبيعياً: يبقى التخمين بأنها كذلك تخميناً إلى الأبد (وهذا ليس فقط لأننا لا نستطيع تفحص عالمنا كله لنقنع أنفسنا بعدم وجود مثال مضاد، وإنما لسبب آخر أقوى وهو أننا لا نستطيع تفحص كل العوالم التي تختلف عن عالمنا بالشروط على الحدود). ومع أن التعريف الذي نفترضه يقصي إمكانية إيجاد معيار موجب للضرورة الطبيعية، فإن باستطاعتنا عملياً استعمال هذا التعريف على نحو سلبي: بأن نجد شروطاً على الحدود لا يصح ضمنها القانون المفترض ونبيّن هكذا أنه ليس ضرورياً أي أنه ليس قانوناً طبيعياً. [388] وهكذا يتوافق التعريف المقترح توافقاً جيداً جداً مع منهجيتنا.

وسيجعل التعريف المقترح كل قوانين الطبيعة ومعها كل استتباعاتها المنطقية ضرورة طبيعية (أو ضرورة فيزيائية)[23].

ونرى على الفور أن التعريف المقترح ينطبق تماماً على النتائج التي حصلنا عليها في مَثَل الموة الذي ناقشناه[24]: ولأننا فكرنا تحديداً أنه كان من الممكن للموّات أن تعمر لفترة أطول لو كانت الشروط مختلفة ـ لو أتيحت الظروف المواتية ـ فقد تكوَّن لدينا الشعور بالطابع الطارئ للقضية العامة الصحيحة عن طول العمر الفعلي.

(13) سنرمز بـ «N» لاسم صف القضايا الصحيحة بالضرورة، بمعنى الضرورة الطبيعية أو الفيزيائية، أي صحيحة بشكل مستقل تماماً عن الشروط على الحدود.

لنضع بالاستعانة بـ N هذا التعريف التافه نوعاً ما لـ $a \underset{N}{\rightarrow} b$ أو بالكلمات «إذا a فإن b ضروري») على النحو التالي:

(D) $a \underset{N}{\rightarrow} b$ صحيحة إذا وفقط إذا $(a \rightarrow b)\ \varepsilon\ N$.

أو بالكلمات تقريباً: إن القضية «إذا a فإن b ضروري» صحيحة إذا وفقط إذا صحت القضية «إذا a فإن b» بالضرورة. إن $a \rightarrow b$ هنا هي بطبيعة الحال قضية شرطية اعتيادية حيث a المتقدم وb الاستتباع. ولو رغبنا بتعريف الاقتضاء المنطقي أو «الصارم» لأمكننا على أي حال استعمال D على أن نفسر «N» «كضرورة منطقية» (عوضاً من الضرورة الطبيعية أو الفيزيائية).

---

(23) لنشر إلى أن القضايا الضرورية منطقياً (لسبب بسيط أنها تنتج من كل قضية) هي ضرورية فيزيائياً، وهو أمر غير ذي أهمية طبعاً.

(24) قارن النقطتين (6) و(7) أعلاه.

يمكننا القول بناء على تعريفي (N^o) وD إن $a \underset{N}{\rightarrow} b$ هي اسم قضية تتمتع بالخواص التالية:

(A) $a \underset{N}{\rightarrow} b$ ليس صحيحاً دوماً عندما يكون a باطلاً، خلافاً لـ $a \rightarrow b$.

(B) $a \underset{N}{\rightarrow} b$ ليس صحيحاً دوماً عندما يكون b صحيحاً، خلافاً لـ $a \rightarrow b$.

(A') $a \underset{N}{\rightarrow} b$ صحيح دوماً، عندما يستحيل a (باطل بالضرورة)، أو عندما يكون نفيه $\bar{a}$ صحيحاً بالضرورة ـ سواء كانت هذه الضرورة منطقية أو فيزيائية(25).

(B') $a \underset{N}{\rightarrow} b$ صحيح دوماً، عندما يكون b صحيحاً بالضرورة ـ سواء كانت هذه الضرورة منطقية أو فيزيائية.

حيث a وb قضايا أو دالات قضايا.

يمكن تسمية $a \underset{N}{\rightarrow} b$ قضية شرطية «ضرورية» أو «اسمية». تعبّر صيغتنا، في رأيي، عن نفس ما تعبر عنه «القضية الشرطية اللولية» (التبعية)؟ («Subjunctive conditional» أو «Counterfactual conditional») عند بعض المؤلفين. (إلا أنه يبدو أن مؤلفين آخرين يعنون شيئاً آخر «بالشرطية المعاكسة للواقع»: تعني هذه الصيغة في مصطلحاتهم أن a باطل في الواقع(26). وهو استعمال لا أرحب به). [389]

وسيتبيّن لنا بشيء من التأمل أن صف القضايا الضرورية طبيعياً N، لا يحتوي فقط على صف القضايا التي هي من قبيل القوانين الطبيعية العامة الصحيحة والتي يمكن أن نطبعها حدسياً بالقول إنها لا تتأثر بتغيير الشروط على الحدود، ولكنه يحتوي أيضاً على كل القضايا التي تنتج من القوانين الطبيعية العامة الصحيحة (من

---

(25) قارن ص 495 والتالية من هذا الكتاب، وكذا الهامش رقم (37) أسفله.

(26) فـــــي: Karl Popper, «A Note on Natural Laws and so-called Contrary to Fact Conditionals,» *Mind*, 58 (1949), pp. 62-66,

استعلمت الاصطلاح «Subjunctive Conditional» بدلاً مما أسميه هنا قضية شرطية «ضرورية» أو «اسمية»؛ وشرحت مراراً أن هذه الـ «Subjunctive Conditionals» تشتق لزوماً من القوانين الطبيعية. ولهذا فإنه يصعب أن نفهم كيف استطاع كنيل ولو بمجرد افتراض، أن يعزو إلى تفهمي لـ «Subjunctive Conditionals (Contrary to fact Conditional)» الشكل (($\phi(a) \supset \psi(a)$) . «$\sim\phi(a)$».

ولا أعلم إذا كان قد خطر في ذهن كنيل أن هذه الصيغة لا تعدو كونها تعبيراً معقداً لـ «$\sim\phi(a)$» لأنه مَن الذي يستطيع أن يدعي أن «$\sim\phi(a)$» تشتق من القانون «$(x)(\phi(x) \supset \psi(x))$»؟ انظر: William Calvert Kneale, «Natural Laws and Contrary to Fact Conditionals,» *Analysis*, 10 (1950), p. 122.

* إرفاق عام 1959: كما أرى اليوم لقد كان كنيل على علم بهذا الأمر. وهذا ما يجعل الصعوبة أكبر في فهم كيف أمكن أن يعزو إليّ هذا التفهم.

النظريات حول بنية العالم الصحيحة). ومن بين هذه القضايا قضايا توصف شروطاً على الحدود معينة، كقضايا من الشكل «إذا مزجنا في أنبوبة الاختبار هذه، بشروط الحرارة النظامية في المكان وبضغط مساو لـ 1000 سم^2/ غرام الهيدروجين بالأوكسجين. . فـ . .» عندما تشتق قضايا شرطية من هذا النوع من قوانين طبيعية صحيحة فإن صحتها لا تتغير بتعديل الشروط على الحدود: فإما أن تتحقق الشروط على الحدود الموصوفة في المقدمة وعندئذٍ تصح الاستتباعات (ومعها كل القضية الشرطية)، وإما لا تتحقق الشروط على الحدود المعطاة في المقدمة والمقدمة بالتالي باطلة بالواقع (المعاكسة للواقع «*Counterfactual*») وتصبح القضية الشرطية نظراً لبطلان المقدمة «صحيحة (كمحققة بالخلاء)» (*Vacuously satisfied*). وهكذا يسهم «التحقق بالخلاء» الذي نوقش كثيراً في التأكيد على أن القضايا التي يمكن اشتقاقها من القوانين الطبيعية الضرورية ضرورية هي أيضاً (بمعنى تعريفنا).

وفي واقع الأمر كان يمكننا أن نعرِّف N ببساطة على أنه صف القوانين الطبيعية ومستتبعاتها المنطقية. إلا أنه قد يكون لتعريفه بواسطة مفهوم الشروط على الحدود ميزة صغيرة (بواسطة صف متآني من القضايا المنفردة). فعندما نعرف N [390] على أنه مثلاً صف القضايا الصحيحة في كل العوالم التي لا تختلف عن عالمنا، إذا ما اختلفت، إلا بالشروط على الحدود فإننا نتجنب التعابير اللولية (التبعية) كالتالي مثلاً «الذي كان سيبقى صحيحاً حتى ولو سادت (في عالمنا) شروط على الحدود غير التي تسود في الواقع».

ومع ذلك فإن الجملة في (N^a) «في كل العوالم التي لا يميزها عن عالمنا شيء، إن وجد، سوى الشروط على الحدود» تقتضي دون ريب ضمنياً مفهوم القوانين الطبيعية. إن ما نقصده بهذا التعبير هو «كل العوالم التي لها نفس البنية ـ أي نفس القوانين الطبيعية ـ التي لعالمنا». وما دام تعريفنا يحتوي ضمنياً على مفهوم القوانين الطبيعية فمن الممكن وصف (N^a) بالدائري. إلا أن كل التعاريف دائرية بهذا المعنى مثلها مثل كل الاشتقاقات (خلافاً للبراهين)[27]، فكل القياسات على سبيل المثال دائرية: يجب أن تكون الاستنتاجات محتواة تحديداً في المقدمات. ومع ذلك فإن تعريفنا ليس دائرياً في معنى خاص. يتعامل المعرف فيه مع فكرة حدسية في منتهى الوضوح: نترك الشروط على الحدود لعالمنا تتغير مثلما يفعل أي مجرب على مر الأيام. وتفسر نتيجة هذا التغيير على أنها «منوال» نوعاً ما لعالمنا

(27) الفرق بين الاشتقاق والبرهان أعالجه في: Karl Popper, «New Foundations for Logic,» *Mind*, 56 (1947), pp. 193f.

(منوال أو «نسخة» لم تعد بحاجة فيما يخص الشروط على الحدود للولاء إلى الأصل)؛ ومن ثم يستعمل معرّفنا الطريقة المعروفة جيداً بتسمية قضايا «ضرورية» تلك القضايا الصحيحة في كل هذه المناويل مجموعة (أي الصحيحة من أجل كل الشروط على الحدود الممكنة منطقياً).

(14) يختلف التحليل المعطى هنا، من وجهة النظر الحدسية، عن نسخة نشرتها سابقاً[28]. أعتبر العرض الجديد أفضل من سابقه وأعترف بأني مدين في هذا التقدم وإلى حد كبير إلى انتقاد كنيل. إلا أن التعديلات المدخلة تبدو ضئيلة عندما لا ننطلق من وجهة النظر البدهية وإنما من الصورية. لأني تعاملت في النشرة السابقة مع (*a*) مفهوم القوانين الطبيعية ومع (*b*) مفهوم القضايا الشرطية التي تنتج من القوانين الطبيعية؛ إلا أن لـ (*a*) و(*b*) كما رأينا تحديداً نفس امتداد *N*. ثم إني قبلت في عملي عام 1949، أن الشروط اللولية هي القضايا الشرطية التي تنتج من (*a*) أي تحديداً القضايا التي تنتمي إلى الصف (*b*). أخيراً وفي الفقرة الأخيرة من هذا العمل السابق ادعيت أن علينا قدر الإمكان إدخال الفرض التالي: يجب [391] أن تتحقق كل الشروط على الحدود الممكنة (وبالتالي كل الأحداث والسيرورات التي تتلاءم مع القوانين) يوماً ما في مكان ما من الكون ـ وهو إلى حد ما تعبير ثقيل لنفس ما أقوله اليوم تقريباً حيث يدور الحديث في صياغتي عن عوالم لا تتميز من عالمنا إلا باختلاف (إن وجد) الشروط على الحدود[29].

يمكن في حقيقة الأمر صياغة موقفي عام 1949 على النحو التالي. على الرغم من أن عالمنا لا يستطيع احتواء كل العوالم الممكنة منطقياً لأن عوالم ببنية مختلفة ـ بقوانين مختلفة ـ ممكنة منطقياً، فإنه يحتوي كل العوالم الممكنة فيزيائياً ما دامت كل الشروط على الحدود الممكنة فيزيائياً محققة فيه ـ في مكان ما وفي وقت من الأوقات ـ إن إدراكي اليوم هو أنه من الجائز أن يكون هذا الفرض

---

(28) قارن: Popper, «A Note on Natural Laws and so-called Contrary to Fact Conditionals,» pp. 62-66;

انظر أيضاً الهامش في: Karl Popper, *Das Elend des Historizismus* = *The Poverty of Historicism* (Tübingen: Mohr, 1965), p. 97.

(29) لقد وصفت صيغتي القديمة «بالثقل» لأنها تقود إلى إدخال الفرض أن مُوَّات عاشت في مكان ما في شروط مثالية أو أنها ستعيش يوماً ما، وهذا ما يذهب بعيداً نوعاً ما في رأيي. أفضل الآن تبديل هذا الفرض بآخر: يوجد من بين كل «مناويل» عالمنا ـ التي لا ننظر إليها على أنها حقيقية وإنما منشأة منطقياً ـ على الأقل عالم تحيا فيه الموات في ظروف مثالية. أجد هذا الفرض ليس مقبولاً وحسب وإنما بديهياً. وما عدا التعديلات المصطلحاتية فإن هذا هو التعديل الوحيد بالنسبة لأفكاري المعروضة في: Popper, Ibid. ومع ذلك أعتبر هذا التعديل هاماً.

الميتافيزيائي صحيحاً ـ ولكن من الجائز فقط ـ كل هذا بديهي إلى أقصى حد. إلا أننا سنكون في حالة أفضل بكثير بدونه.

وإذا ما قبلنا مع ذلك هذا الفرض الميتافيزيائي فتصبح عندئذٍ مفاهيمي القديمة والحالية متكافئة (بغض النظر عن الفروق المصطلحاتية البحتة) فيما يخص الوضع الشرعي للقوانين. ومن هنا يمكن القول إن طرحي القديم أكثر «ميتافيزيائية» (وأقل «وضعية») من الحالي وضوحاً، رغم أنه لم يستعمل إطلاقاً كلمة «ضروري» لتمييز الوضع الشرعي للقوانين.

(15) لا يوجد فرق كبير، بالنسبة لمنهجي الذي يرفض الاستقرائية ويناصر نظرية التفنيد، بين تفهم القوانين الكلية على أنها ليست أكثر من قضايا عامة صارمة والطرح الذي يرى أنها «ضرورية»: ففي كلا الحالتين نستطيع اختبار تخميننا بمحاولات دحضه.

بينما يوجد هنا بالنسبة للاستقرائي فرق حاسم: لأنه يجب عليه رفض مفهوم القانون «الضروري»، ذلك أن القوانين الضرورية أقوى منطقياً من القضايا العامة الصرفة ويقل بالتالي اعتمادها على الاستقراء عن اعتماد هذه الأخيرة.

[392] إلا أن الاستقرائيين في حقيقة الأمر لا يستخلصون دائماً على هذا النحو، وعلى العكس يبدو أن بعضهم يعتقد أنه من الممكن استعمال قضية توصِّف القوانين الطبيعية بالضرورة كتبرير للاستقراء ـ إلى حد ما بمعنى «مبدأ تجانس الطبيعة».

إلا أنه من الواضح أنه ما من مبدأ من هذا القبيل بقادر على تبرير الاستقراء، أو على جعل الاستنتاجات الاستقرائية صالحة أو حتى محتملة.

صحيح أننا نستعين لتبرير تفتيشنا عن القوانين الطبيعية بقضية من نوع «توجد قوانين طبيعية»[30] ولكن معنى «التبرير» في سياق هذه الملاحظة يختلف اختلافاً كلياً عن معناه عندما نكون في صدد مسألة إمكانية تبرير الاستقراء. إننا نريد في هذه الحالة الأخيرة وضع قضايا معينة ـ وتحديداً التعميمات المستقرأة ـ على أساس منطقي.

---

(30) قارن: Ludwig Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus*, 6.36:

«لو كان هناك قانون سببية لكان نصه: «توجد قوانين طبيعية». ولكن مما لا شك فيه أنه لا يمكن القول: إنه يتبدى للعيان». إن ما يتبدى، في رأيي، في حالة ما تبدى شيء ما، هو أنه يمكن القول طبعاً: لقد قيل، مثلاً من قبل فيتكنشتاين. إن ما لا يمكن القيام به هو التحقق من القضية القائلة بوجود قوانين طبيعية (لا يمكن تفنيدها بحال). لكن كون القضية غير قابلة للتحقق (حتى ولو كانت غير قابلة للتفنيد)، لا يعني أنها غير ذات مدلول أو أنها غير مفهومة أو أنه «لا يمكن القول» كما يظن فيتكنشتاين.

بينما نكتفي في الحالة الأولى بتبرير مهمة ألا وهي البحث عن قوانين طبيعية. ومع أنه يمكن بمعنى ما تبرير هذه المهمة بالعلم بوجود قوانين صحيحة ـ بأن العالم يبدي انتظامات بنيوية ـ فمن الممكن التبرير بدون هذا العلم: الأمل بوجود غذاء في مكان ما «يبرر» مما لا شك فيه البحث عن هذا الغذاء حتى ولو كان هذا الأمل بعيداً عن العلم، ويصح هذا على الخصوص عندما نكون جائعين. وهكذا يمكننا القول حقاً إن علمنا بوجود قوانين صحيحة قد يسهم نوعاً ما في تبرير بحثنا عن القوانين، إلا أن بحثنا مبرر بدون هذا العلم: يبرره حب الاستطلاع عندنا والأمل الصرف بالنجاح.

ويبدو، إضافة إلى ذلك، أن التمييز بين القوانين «الضرورية» والقضايا العامة الصارمة لا يلعب في هذه المشكلة أي دور: إن علمنا أن القوانين موجودة، أكانت ضرورية أم لم تكن، قد يسهم نوعاً ما في «تبرير» بحثنا، مع أن هذا النوع من التبرير غير مطلوب.

(16) ومع ذلك فإني أرى أن فكرة وجود قوانين طبيعية ضرورية (بمعنى الضرورة الطبيعية المشروحة في النقطة (12)) فكرة هامة من وجهة النظر الميتافيزيائية والوجودية كما تكتسي دلالة حدسية كبيرة ترتبط بمحاولاتنا فهم الكون. ورغم أنه يستحيل إثبات هذه الفكرة الميتافيزيائية لا تجريبياً ـ إنها غير قابلة للتفنيد ـ ولا بأي طريقة أخرى، فإني أومن بصحتها كما أشرت إلى ذلك في الفقرات 79، 83 إلى 85. وسأذهب هنا أبعد مما قيل في هذه الفقرات لألح على الوضع الوجودي (الأونتولوجي)، الخاص للقوانين العامة (بأن أتكلم مثلاً على «ضرورتها» أو على طابعها البنيوي) بتبيان أن الطابع الميتافيزيائي للدعوى القائلة بوجود قوانين طبيعية وكذلك لا دحوضيتها لا يكفيان لمنعنا من مناقشة هذه الدعوى عقلانياً، أي انتقادياً[31]. [393]

وأنا خلافاً لكنيل لا أرى في «ضرورة» بكل بساطة سوى كلمة ـ كعلامة مفيدة للتمييز بين عامية القوانين والعامية الطارئة. ويمكن بطبيعة الحال أن تستعمل أي كلمة أخرى لأن الصلة بالضرورة المنطقية ليست قوية جداً هنا. أتفق مبدئياً مع فيتكنشتاين عندما يقول ـ معيداً سبك هيوم ـ: «لا يوجد إلزام يوجب حدوث شيء ما لأن شيئاً آخر قد حدث. لا توجد إلا الضرورة المنطقية»[32]. ولا علاقة لـ بالضرورة المنطقية إلا من ناحية واحدة: لا تعود الصلة المنطقية بين a وb، $a \underset{N}{\rightarrow} b$

---

(31) انظر على وجه الخصوص الفقرات 6*، 7*، 15*، و120* من: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(32) قارن: Wittgenstein, Ibid., 6.37.

لا إلى a ولا إلى b وإنما إلى كون القضية الشرطية المقابلة $a \rightarrow b$ (دون N) تنتج من قانون طبيعي بضرورة منطقية ـ إنها ضرورية منطقياً بالنسبة إلى قانون طبيعي[33] ـ ويمكن القول إن القانون الطبيعي من جهته ضروري لأنه يشتق، أو يشرح، من قانون أعلى درجة عمومية منه أو أكثر «عمقاً»[34]. قد يمكن القبول بأن هذه التبعية المنطقية الضرورية تحديداً لقضايا صحيحة أعلى عمومية، نخمن وجودها، هي التي أدت منذ البداية إلى نشوء فكرة «الصلة الضرورية» بين السبب والفعل[35].

إن لتعريفنا (D) المعطى في الصفحة 489 بعض المستبعات التي تولد رابطة بين الضرورة الطبيعية وحساب الاحتمالات. لا بد من الإشارة هنا إلى مبرهنتين لأنهما كما سنرى مماثلتان للمبرهنات حول الضرورة المنطقية. ولدينا التكافؤ [394] الرئيسي (1) الذي يترجم رموزنا إلى مصطلحات بولية

(1) $a \rightarrow b \; \varepsilon \; N$ إذا وفقط إذا $ab = a \; \varepsilon \; N$

وهذا ما يسمح لنا بالانتقال إلى حساب الاحتمالات. نحصل مثلاً من $3D$ في الصفحة 399:

(2) $a \rightarrow b \; \varepsilon \; N$ إذا وفقط إذا $p(ab,c) = p(a,c) \; \varepsilon \; N$ من أجل كل c

(3) إذا كان $a \underset{N}{\rightarrow} b$ فإن $p(a, c) = r \underset{N}{\rightarrow} p(b, c) \geq r$ من أجل كل c

أو بالكلمات: إذا كانت القضية الشرطية $a \rightarrow b$ ضرورية فإن b بالضرورة وأياً كان الظرف c متساوية الاحتمال على الأقل مع a. (يمكن لهذه الضرورة أن تكون منطقية أو فيزيائية).

يبدو على ضوء هذه المبرهنات ممكناً أن نحصل على تفسيرين مختلفين تماما «للاحتمال» في تسلسل الأفكار التالي المعقول حدسياً (إلا أنه باطل منطقياً) «إذا كان $a \rightarrow b$ محتملاً وa محتملاً فإن b محتمل أيضاً». ففي كل مرة يكون فيها صالحاً نفسره على الفور كما يلي: «إذا قبلنا التخمين $a \underset{N}{\rightarrow} b$ (كمعزز جيداً على سبيل المثال) فعلينا عندئذٍ أن نقبل $p(a, c) \leq p(b,c)$». (أما إذا تخلينا عن «N»

---

(33) لقد ذكرت هذا في الفقرة 3 من: Karl Popper, «What Can Logic Do for Philosophy?,» *Aristotelian Society* (Supplementary Volume), 22 (1948), pp. 141-154;

انظر على وجه الخصوص ص 148 منه. عرضت في هذا العمل الخطوط الكبرى لبرنامج قمت بتنفيذ معظمه منذ ذلك الحين.

(34) انظر الفقرة 15* في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery.*

(35) قارن: Popper, Ibid.

فيمكن عندئذٍ وبسهولة إنشاء أمثلة مضادة). وهنا أيضاً يمكننا أن ننظر إلى N كرمز للضرورة الفيزيائية أو الضرورة المنطقية. (يمكننا كذلك تفسير «N» كضرورة رياضية يمكن على سبيل المثال أن يكون $a \underset{N}{\rightarrow} b$ التخمين الآتي: إذا كان لعدد زوجي خواص محددة فإنه يقع بين عددين أوليين»؛ وواضح أن هذا التخمين يحتوي ضمنياً عندما يصاغ على هذا النحو تخميناً عن الاحتمال).

قد تبين هذه المبرهنات الاحتمالية على أوضح وجه أنه يمكن $a \underset{N}{\rightarrow} b$ توصيف «بالتضمن النسبي» أي أنه تضمن يصح بالنسبة إلى القانون الطبيعي (غير المعروف) (أو أنه مقبول كصحيح). وهي تبيّن على هذا النحو أن الربط بين $a \underset{N}{\rightarrow} b$ والضرورة المنطقية يكفي وحده لتأسيس تماثلات أوسع بين هذين النوعين من الضرورة.

(17) يبدو لي أن المناقشات الحديثة حول «القضايا الشرطية اللولية» «*Subjunctive Conditionals*»، «*Contrary-to-fact Conditionals*»، «*Counterfactual Conditionals*»، بالقدر الذي أفهمها فيه قد نشأت أساساً من الحالة الإشكالية التي خلقتها الصعوبات المتأصلة في الاستقرائية، في الوضعية وفي العملياتية والظاهراتية.

يريد الظاهراتي على سبيل المثال ترجمة القضايا حول أشياء العالم الفيزيائي إلى قضايا حول الأرصاد. «يوجد أصيص على حافة النافذة» يجب أن يكون قابلاً [395] للترجمة إلى المنطوق التالي: «إذا نظر أحد من موضع مناسب في اتجاه مناسب فسيرى ما تعلم أن يسميه أصيصاً». إن أبسط اعتراض (ولكنه ليس الأهم بأي حال) على فكرة النظر إلى القضية الثانية كترجمة للأولى هو التالي: إن القضية الثانية صحيحة في الواقع (لاقتضاء بمقتضي باطل) عندما لا ينظر أحد إلى حافة النافذة ولكن الأمر سيصبح خلفياً لو ادعينا أنه عندما لا ينظر أحد إلى حافة نافذة ما يجب أن يكون عليها أصيص. قد تراود نفس الظاهراتي بالإجابة أن هذه المحاجة تعتمد على تعريف جدول الحقيقة للقضية الشرطية (على «الاقتضاء المادي») وأن علينا أن نكون على وعي بضرورة وجود تفسير آخر للقضية الشرطية ـ تفسير مشروط يأخذ بعين الاعتبار ما نعنيه في واقع الأمر، شيئاً مثل: «إذا نظر أحد أو لو كان أحد ينظر فسيرى أو لكان قد رأى أصيصاً»[36].

---

(36) جاءت حجج ر. ب. برايثويت (R. B. Braithwaite) مماثلة لتلك التي أعترض عليها في المتن (التحقق الخالي) بعد بحث قدمه عن الظاهرياتية في ندوة الأستاذة سوزان ستيبينغ (Stebbing) في ربيع 1936. وقد سمعت للمرة الأولى في هذا السياق بما يسمى اليوم «Subjunctive Conditional». حول انتقاد «برنامج الاختزال الظاهرياتي»، انظر الهامش رقم (7)، والنص أعلاه.

قد يظن البعض أن $a \underset{N}{\rightarrow} b$ تزودنا بالقضية الشرطية المشروطة وهذا صحيح بشكل ما. تقوم صيغتنا بهذه المهمة بشكل جيد يتجاوز كل التوقعات. ومع ذلك فإن اعتراضنا الأصلي يبقى قائماً لأننا نعلم أنه إذا كان $\bar{a}$ ضرورياً أي إذا كان $\bar{a}\ \varepsilon\ N$ فيصبح عندئذٍ $a \underset{N}{\rightarrow} b$ من أجل كل b. وعلى هذا إذا حدث لسبب ما أن المكان الذي يوجد فيه الأصيص (أو لا يوجد) مستحيل الرؤية فيزيائياً من قبل أي راصد فتصبح عندئذٍ القضية التالية صحيحة «عندما ينظر أحد ما أو إذا كان ينظر فسيرى أو لكان قد رأى أصيصاً» ـ وتعود صحتها إلى أنه لا يستطيع أحد النظر ليس إلا[37]. ولكن هذا يعني أن الترجمة الظاهراتية المشروطة لـ «يوجد في المكان x أصيص» ستصبح صحيحة من أجل كل الأمكنة x التي لا يمكن النظر إليها لسبب فيزيائي أو لآخر (وعلى هذا يوجد أصيص ـ أو كل ما تريدون ـ في مركز الشمس) ولكن هذا خلافي.

وبناءً على هذا الأساس، وعلى أسس كثيرة أخرى، لا أعتقد بوجود أي حظ لهذه الطريقة في إنقاذ الظاهراتية.

[396] أما ما يخص العملياتية ـ وهو المذهب الذي يتطلب أن تعتمد تعاريف كل التعابير العلمية كالطول أو الحلولية مثلاً على الإجراءات التجريبية المناسبة ـ بحيث يمكن أن يتبيّن بسهولة أن كل التعاريف المسماة بالعملياتية دائرية. وسأبيّن هذا باختصار في حالة «حلول»[38].

تشتمل التجارب التي نختبر فيها ما إذا كانت مادة كالسكر تحل بالماء فيما تشتمل على محاولة استرجاع السكر المنحل من المحلول (بتبخير الماء مثلاً)[39]. ويجب طبعاً أن نحدد هوية المادة المسترجعة أي أن نثبت تمتعها بخواص السكر. إن إحدى هذه الخواص هي الحلولية في الماء. وهكذا لتعريف «x حلول في الماء» بالإجراءات التجريبية النظامية يجب علينا أن نقول على وجه التقريب ما يلي:

---

(37) عرضت هذه الدعوى (قد لا تبدو حدسيتها بشكل مباشر) بدون استعمال الهيكلة وبحجج بدهية في: Karl Popper, «On Subjunctive Conditionals with Impossible Antecedents,» *Mind*, 68 (1959).

(38) هذه الحجة منقولة عن عمل قدمته في يناير/ كانون الثاني عام 1955 كإسهام في: Paul Schilpp, ed., *The Philosophy of Rudolf Carnap*, The Library of Living Philosophers; 11 (La Salle, Ill.: Open Court, [1963]).

وهو موجود أيضاً في الفصل 11 من: Popper, *Conjectures and Refutations*, 1963; 4th ed., 1978, pp. 278f.

فيما يتعلق بدائرية التعريف العملياتي للطول فإنها تظهر عبر هذين الواقعين: (a) يتطلب التعريف العملياتي للطول تصحيحات لدرجة الحرارة و(b) ويتطلب التعريف العملياتي (المعتاد) لدرجة الحرارة قياس الأطوال.

(39) قارن النقطة (3) أعلاه.

إن x حلول في الماء إذا وفقط إذا صح: (a) عندما يوضع x في الماء فإنه يختفي (بالضرورة) (b) تبقى (بالضرورة) بعد تبخر الماء مادة حلولة في الماء.

إن السبب في كون هذه التعاريف دائرية في جوهرها هو ببساطة: أن التجارب لا تزودنا على الإطلاق بنتائج قطعية، إنما يجب على الدوام أن تراقب بتجارب جديدة.

لقد كان العملياتيون يرون على ما يبدو أنه حالما تحل مشكلة القضايا الشرطية اللولية (بحيث تتجنب القضايا الشرطية المعرفة «المحققة بالخلاء») فإن كل العوائق الواقفة في طريق التعريف العملياتي بتعابير مزاجية ستزول. وكما يبدو فقد تولد الاهتمام الكبير بما يسمى مشكلة القضايا الشرطية «اللولية» أو «الأسمية» عن هذا التوقع. إلا أني أعتقد أني قد بيّنت أنه لا أمل حتى في حل مشكلة التحليل المنطقي لمثل هذه القضايا الشرطية التي تستطيع التعريف العملياتي لتعابير كلية أو مزاجية. لأن التعابير الكلية أو المزاجية تسمو على الخبرة كما شرحنا هنا في النقطتين (1) و(2) وفي الفقرة 25 من المتن.

[397]

الملحق الحادي عشر*

حول استعمال وإساءة استعمال التجارب الذهنية في النظرية الكمومية

يتسم الانتقاء الممارس في نهاية هذا الملحق بطابع منطقي. إنني لا أهدف هنا إلى دحض بعض الدعاوى والأفكار التي قد يكون أصحابها قد تخلوا عنها منذ زمن طويل. إنني أحاول بالأحرى أن أبيّن أن بعض طرق إقامة الدليل غير مقبولة ـ وهي طرق استعملت من دون أن يعترض أحد عليها لسنين طويلة في مناقشة تفسير النظرية الكمومية. إن ما أنتقده قبل كل شيء هو الاستعمال الدفاعي للتجارب الذهنية وليس نظرية بعينها أيا كانت اقترحت التجارب الذهنية دفاعاً عنها[1]. ولا أريد في أي حال إعطاء الانطباع بأني أشك في خصابة التجارب الذهنية.

(1) إن أحدى أهم التجارب الذهنية في تاريخ الفلسفة الطبيعية، وفي الوقت نفسه أحد أبسط وأبرع تسلسل أفكار في تاريخ التفكير العقلاني عن الكون يحتويهما انتقاد غاليليه لنظرية الحركة عند أرسطو[2]. يدحض غاليليه في انتقاده فرض أرسطو أن السرعة الطبيعية للجسم الأثقل أكبر من سرعة الجسم الأخف. «يجادل الناطق باسم غاليليه قائلاً: «إذا أخذنا جسمين متحركين سرعتاهما الطبيعيتان غير متساويتين فإنه بادٍ للعيان أننا إذا ما ربطناهما الواحد بالآخر، الأبطأ والأسرع، فسيبطأ الأخير شيئاً ما من قبل الأبطأ وسيسرع الأبطأ شيئاً ما من قبل الأسرع». وهكذا «إذا كان حجم كبير يسير بسرعة ثماني خطوات على سبيل المثال

(1) ولن أنتقد على وجه الخصوص هنا لا النظرية الكمومية ولا تفسيراتها أياً كانت.

(2) يتحدث غاليله نفسه باعتزاز عن حججه (واضعاً في فم سامبليشيو هذه الكلمات): «حقاً إن دليلك قاطع». انظر: Galileo Galilei: *Dialoge über zwei neue Wissenschaften*, 1638, pp. 65 and 66f. = p. 66 der Opere Complete, 1855, vol. XIII, and p. 109 der Edizio Nationale, 1890-1909, vol. VIII.

وحجم أصغر منه بسرعة أربع فستصبح، بعد ربطهما، سرعة النظمة المجمعة أقل من ثماني خطوات. لكن الحجرين المرتبطين يكونان معاً حجراً أكبر من الحجر [398] الأول، الذي كان يتحرك بسرعة ثماني خطوات. وبهذا يتحرك الجسم المجمع (رغم كونه أثقل من الجسم الأول وحده) بأبطأ مما يتحرك به الجسم الأول وحده. وهذا ما يناقض فرضك»[3]. ولما كان هذا هو فرض أرسطو الذي انطلقت منه المناقشة فإنه أصبح مدحوضاً الآن: لقد تبيّن أنه خلافي.

أرى في تجربة غاليليه الذهنية مثلاً نموذجياً لأفضل استعمال ممكن للتجارب الذهنية. وهذا هو الاستعمال الانتقادي. ولكني لا أريد القول إن هذا هو الاستعمال الوحيد الممكن. فهناك أيضاً على وجه الخصوص الاستعمال المساعد على الكشف ذو القيمة الكبيرة. وهناك إمكانات استعمال أقل قيمة.

ويشكل مثل قديم للاستعمال المساعد على الكشف كما سميته القاعدة الكشفية للمذهب الذري. لنتخيل أننا أخذنا قطعة من الذهب أو من أي مادة أخرى وجزأناها شيئاً فشيئاً إلى قطع أصغر: «إلى أن وصلنا إلى قطع من الصغر بحيث يستحيل تجزئتها من جديد»: هذه تجربة ذهنية مستعملة لتوضيح «الذرة غير القابلة للتجزئة». اكتست التجارب الذهنية الكشفية أهمية خاصة في التيرموديناميك (دورة كارنو) وأصبحت مؤخراً نوعاً من الموضة نظراً للدور الذي لعبته في النسبية وفي النظرية الكمومية. وأحد أفضل الأمثلة في هذا الإطار تجربة المصعد المتسارع لآنشتاين: إنها تبيّن التكافؤ المحلي بين التسارع والتثاقل وتوحي بتخمين تحرك الأشعة الضوئية على مسارات منحنية في حقل تثاقل. وهذا استعمال هام ومشروع في آن.

إن ما يسعى إليه هذا الملحق هو التحذير مما يسمى الاستعمال الدفاعي للتجارب الذهنية. ويعود هذا الاستعمال تاريخياً إلى مناقشة سلوك مقاييس الأطوال والمؤقتات في إطار النسبية الخاصة. استعمل هذا النوع من التجارب الذهنية في البداية لعرض وتوضيح النظرية وكان هذا الاستعمال مشروعاً تماماً. ولكنه استعمل بعد ذلك في بعض الأحيان وخاصة في مناقشة النظرية الكمومية كحجة بقصد انتقاد النظرية أو الدفاع والذود عنها. (وقد لعب في هذا الطور مجهر هايزنبرغ الخيالي الذي يمكن بواسطته رصد الإلكترونات دوراً هاماً)[4].

(3) المصدر نفسه، 1638، ص 107؛ 1855، ص 65؛ 1914، ص 63.

(4) انظر في هذا الصدد النقطتين (9) و(10) أدناه.

إن مما لا شك فيه هو أن استعمال التجربة الذهنية كحجة انتقاد أمر مشروع: يحاول المرء بواسطتها أن يبيّن أن واضع النظرية قد تغاضى عن إمكانيات معينة. وإن [399] من حق المخالف بطبيعة الحال الوقوف في وجه مثل هذه الاعتراضات النقادة بأن يظهر مثلاً الاستحالة المبدئية للتجربة الذهنية المقترحة وأنه لم يقع التغاضي، على الأقل من وجهة النظر هذه عن أي إمكانية[5]. إن التجربة الذهنية المعدة للانتقاد ـ والتي يقع على عاتقها أن تبيّن أن بعض الإمكانيات لم تؤخذ بعين الاعتبار حين صيغت النظرية ـ هي تجربة مسموح بها عادة، إلا أنه يجب توخي أقصى الحذر في الرد: ومن المهم بشكل خاص في إعادة إنشاء التجربة موضع الجدل من قبل أحد المدافعين عن النظرية ألا تدخل أية أمثَلة أو أي فرض خاص سوى تلك المواتية للمخالف أو تلك التي يقبلها كل مخالف يستعمل التجربة الذهنية موضع السؤال.

(2) وبصورة عامة لا يمكن في نظري أن يكون الاستعمال الجدلي للتجارب الذهنية مشروعاً إلا إذا كانت وجهة نظر المخالف معلنة بوضوح وإلا إذا اتبعت القاعدة التالية أن كل أمثلة إنما هي تنازلات للمخالف أو مقبولة منه على الأقل. إن كل أمثلة في دورة كارنو على سبيل المثال ترفع من مردودية الآلة بحيث يجبر مخالف النظرية ـ الذي يدعي أن الآلة الحرارية تستطيع إنتاج عمل ميكانيكي دون أن تنقل الحرارة من درجة حرارة أعلى إلى درجة حرارة أخفض ـ على الاعتراف أن الأمر يتعلق بتنازل، وتصبح كل أمثلة لا تخضع لهذه القاعدة غير مسموح بها في إطار الجدل الانتقادي.

(3) يمكن تطبيق هذه القاعدة على سبيل المثال في النقاش الذي فتح بمناسبة التجربة الذهنية لأنشتاين وبودولسكي وروزن[6]. حاول آنشتاين وبودولسكي وروزن إدخال أمثلات، في سلسلة أفكارهم النقادة، يقبلها بور، ولم يضع بور في رده مشروعية هذه الأمثلات موضع الشك. يدخل آنشتاين وبودولسكي وروزن[7] جزيئين *A* و*B* يتفاعلان بحيث تسمح النظرية بحساب وضع (أو عزم) *A* اعتماداً على قياس وضع (أو عزم) *B*؛ إلا أن *A* ابتعد كثيراً في هذه الأثناء ولو يعد من الممكن أن

(5) وهكذا وعلى سبيل المثال بيّن آنشتاين في رسالته (الملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب) أن تجربتي في الفقرة 77 مستحيلة من حيث المبدأ (ومن وجهة نظر النظرية الكمومية). انظر الهامش رقم (12*)، الفقرة 77 من هذا الكتاب.

(6) يوجد تلخيص قصير لحجج هؤلاء الفيزيائيين الثلاثة في رسالة آنشتاين المعاد نشرها في الملحق الثاني عشر* من هذا الكتاب. وتوجد تعليقات أخرى حول هذه المناقشة في الفقرة 109* من: **Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.**

(7) قارن الفقرة 109*، والملحق الثاني عشر* في: المصدر نفسه.

يضطرب نتيجة قياس B. وهكذا لم يعد من الممكن أن يصبح عزم (أو وضع) [400] الجزيء A غير مضبوط ـ أو «مخربشاً» إذا استعملنا تعبير شرودينغر ـ كما يدعي هايزنبرغ[8]. يحمل بور في رده وفق الفكرة التي ترى أنه لا يمكن قياس الوضع إلا بالاستعانة «بأداة مثبتة بشكل صلب على حامل يعرف الإطار المرجعي المكاني» بينما يمكن لقياس العزم استعمال حجاب متحرك «عزمه... مقيس قبل وبعد مرور الجزيء على حد سواء»[9]. يجادل بور أننا باختيارنا أحد هذين الإطارين المرجعيين حرمنا أنفسنا من «كل... إمكانية» لاستعمال الآخر لإجراء البحث على نفس النظمة الفيزيائية. وهو يقصد، إذا كنت قد فهمته جيداً، أنه وإن لم يكن A قد اضطرب فإن إحداثياته قد (تشوهت)، قد تخربشت بتخربش الإطار المرجعي.

(4) أعتبر أن رد بور غير مقبول لأسباب ثلاثة على الأقل:

أولاً: قبل التجربة الذهنية لآنشتاين وبودولسكي وروزن، كان تخربش الوضع أو العزم يعزى إلى اضطراب النظمة الذي يحدثه القياس. ولكن بور تخلى خلسة عن هذه الحجة مستبدلاً إياها بقوله (بوضوح ينقص أو يزيد) إن سبب الخربشة هو اضطراب الإطار المرجعي، نظمة الإحداثيات، وليس النظمة الفيزيائية بالذات. وهذا تغيير كبير إلى حد لا يمكن معه أن يمر غير ملحوظ. كان من الواجب الإقرار بصراحة بأن الدعوى الأصلية قد دحضت بالتجربة الذهنية وكان من الواجب بعدئذٍ أن يبيّن لماذا لم يرفع المبدأ الذي استندت إليه هذه الدعوى الأصلية.

ولا ننسى في هذا السياق التساؤل عن هدف التجربة الذهنية لآنشتاين وبودولسكي وروزن. كان كل ما يرمي إليه هو دحض بعض تفسيرات صيغ عدم التحديد، ولم يكن مصمماً في أي حال على دحض الصيغ نفسها. وفي حقيقة الأمر فإن في رد بور اعترافاً غير صريح بأن التجربة الذهنية قد حققت هدفها بمعنى ما، [401] لأن بور يحاول فقط الدفاع عن علاقات عدم التحديد بالذات: فقد تخلى عن

---

(8) فكر هايزنبرغ بطبيعة الحال بخربشة جزيء واحد فقط وهو الجزيء المقيس. يبيّن آنشتاين وبودولسكي وروزن أن الخربشة تنطبق أيضاً على جزيء آخر ـ جزيء تفاعل يوماً ما قبل سنين من الآن مع الجزيء المقيس. ولكن إذا كان الأمر كذلك فما الذي يمنع أن يتخربش كل شيء ـ الكون كله ـ نتيجة عملية رصد منفردة؟ إن الجواب على ما يبدو هو أنه نظراً «لاختزال باقة الأمواج» فإن الرصد يخرب الصورة القديمة للنظمة ويخلق في الوقت نفسه صورة جديدة. وهكذا لا يتخرب الكون وإنما طريقتنا لتمثله. إن رد بور الذي يتبع في المتن مثل على هذا النوع من الإجابة.

(9) Niels Bohr, «Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?,» *Physical Review*, 48 (1935), pp. 696-702.

المقتطفات من الصفحتين 699 و700 (الكتابة المائلة من عندي).

الرأي القائل إن القياس سيؤدي إلى اضطراب A وإلى خربشته. إضافة إلى ذلك فمن الممكن أن نسير في الاتجاه الذي رسمه آنشتاين وبودولسكي وروزن أبعد منهم ونفرض أننا نقيس (صدفة) وضع A في نفس اللحظة التي نقيس فيها عزم B. ونحصل عندئذٍ من أجل هذه اللحظة على وضع وعزم كل من A وB. (لا ينكَر أن عزم A ووضع B سيضطربان عبر القياس أو سيتخربشان) ولكن هذا يكفي للبرهان على طرح آنشتاين وبودولسكي وروزن: إنه من الخطأ تفسير صيغ عدم التحديد على أنها الدعوى بأنه لا يمكن أن يكون للنظمة وضع مضبوط وعزم مضبوط في آن واحد. ـ وإن كنا نقر بأنه لا يمكن التنبؤ بهذين المقدارين في آنٍ واحد[10].

ثانياً: يبدو أن حجة بور القائلة بأننا «قطعنا صلتنا» بالنظمة المرجعية الأخرى هي حجة وضعت خصيصاً *ad hoc*. لأنه من الواضح أنه يمكن قياس العزم طيفياً (إما بطريقة مباشرة أو بالاستعانة بمفعول دوبلر) وأن المطياف سيكون مثبتاً بشكل صلب بنفس الإطار المرجعي كما هو حال «الأداة» الأولى (أما أن المطياف سيمتص الجزيء B فهو غير ذي أهمية في هذا النقاش المركز على مصير A). وهكذا فإن ترتيب الأمور بإطار مرجعي متحرك لا يمكن اعتباره أساسياً في التجربة.

ثالثاً: لم يوضح بور هنا كيف يقاس عزم B بالاستعانة بفتحته المتحركة. ولكنه وصف في نشرة لاحقة طريقة لذلك إلا أنها غير مقبولة في نظري[11]. لأن هذه الطريقة تقوم على قياس الوضع (مرتين) «الحجاب بشق . . . معلق بواسطة نابض ضعيف إلى نير قاس»[12]. ولكن لما كان قياس العزوم يستعمل هذا النوع من الترتيب لقياس الأوضاع فإن بور لا يقدم هنا أي حجة ضد آنشتاين وبودولسكي وروزن. ولم يكتب له النجاح في نواحٍ أخرى. لأننا بهذه الطريقة لا نستطيع قياس العزم «بدقة لا قبل ولا بعد مرور B»[13]. سيؤدي القياس الأول للعزم إلى اضطراب عزم الحجاب (لأنه يستعمل قياس وضع)؛ وهو بالتالي استعادي ولا يفيد شيئاً في حساب عزم الحجاب في اللحظة التي سبقت مباشرة تفاعله مع B.

---

(10) يوجد تفسير يأخذ بعين الاعتبار كل هذه الأمور في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*.

(11) انظر إسهام بور (Bohr) خاصة المخطط في الصفحة 220 في: Paul Schilpp, ed., *Albert Einstein: Philosopher - Scientist*, The Library of Living Philosophers; 7 (Evanston, Ill.: Library of Living Philosophers, 1949).

(12) المصدر نفسه، ص 219.

(13) Bohr, «Can Quantum Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?,» p. 699.

[402] وهكذا لم يلتزم بور على ما يبدو في رده بالقاعدة التي تقضي بعدم إدخال الأمثلات أو الفروض الخاصة إلا إذا كانت مواتية للمخالف (هذا بغض النظر عن عدم الاتضاح الكلي في ما كان يريد إنكاره بالذات).

(5) وكما نرى فإن الخطر كبير جداً في مثل هذا النوع من التجارب الذهنية ألا يذهب المرء في التحليل إلا بالقدر الذي يؤيد طرحه ولا يتجاوزه ـ وهو خطر لا يمكن تجنبه إلا إذا التزمنا بالقاعدة المعطاة أعلاه التزاماً كلياً.

توجد حالات مماثلة عديدة أود أن أناقش بعضها هنا لأني أعتبرها مرشدة.

(6) يستعمل بور، لإضعاف تجربة ذهنية انتقادية لآنشتاين تستند إلى علاقته الشهيرة $E = mc^2$، حججاً من نظرية التثاقل لآنشتاين (أي من نظرية النسبية العامة)[14]. لكن $E = mc^2$ هي من النسبية الخاصة بل وتشتق من أفكار غير نسبوية. وفي كل الأحوال فإن قبولنا لـ $E = mc^2$ لا يعني بأي حال قبولنا بصحة نظرية التثاقل لآنشتاين أيضاً. ولهذا فإذا كان من الواجب علينا، كما يدعي بور، قبول بعض الصيغ المعينة في نظرية التثاقل الآنشتانية لإنقاذ اتساق النظرية الكمومية (المتصلة بـ $E = mc^2$) فسيصبح ذلك عندئذٍ مساوياً للدعوى الغريبة بتناقض النظرية الكمومية مع نظرية التثاقل لنيوتن وأكثر من هذا للدعوى الأكثر غرابة أن صحة نظرية التثاقل لآنشتاين (أو على الأقل الصيغ المميزة المستعملة التي تنتمي إلى نظرية التثاقل) تشتق من النظرية الكمومية. لا أعتقد أن أحداً، من هؤلاء المستعدين لقبول هذه النتيجة، سيسعد بذلك.

وهكذا لدينا هنا من جديد تجربة ذهنية، تقبل فروضاً غير مسموح بها الغرض منها الدفاع.

(7) يبدو لي رد دافيد بوم (*David Böhm*) على تجربة آنشتاين، وبودولسكي وروزن غير مرضٍ إلى حد كبير[15]. يعتقد بوم أن عليه أن يبيّن، أن جزيء آنشتاين

---

(14) Bohr, Ibid.

نوقشت الحالة في الصفحات 255-228. أدين إلى الدكتور ج. أكاسي (J. Agassi) الذي أثار انتباهي إلى عدم صحة هذه الحجة.

(15) David Bohm, «A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of «Hidden» Variables,» *Physical Review*, 85 (1952), pp. 166f. and 180ff.

انظر على وجه الخصوص، ص 186 والتالية منه. (وكما سمعت لم يعد بوم يدافع عن بعض الآراء المحتواة في عمله المنتقد هنا. ولكني أعتبر أنه من الممكن أن يبقى انتقادي منطبقاً على نظرياته التالية أو على جزء منها على الأقل).

A الذي ابتعد كثيراً عن B وعن جهاز القياس سيتخربش في وضعه (أو في عزمه) عندما يقاس عزم B (أو وضعه). وحاول أن يبرهن لهذا الهدف أن A سيضطرب [403] بشكل لا يمكن التنبؤ به على الرغم من أنه ابتعد. وهو بهذا يحاول أن يبيّن أن نظريته تتطابق مع تفسير هايزنبرغ لعلاقات عدم التحديد. ولكنه لم يوفق، وهذا ما يتضح تماماً عندما نفكر كيف أن توسيعاً طفيفاً لتجربة آنشتاين، وبودولسكي وروزن أعطانا إمكانية تحديد وضعي وعزمي A وB في آنٍ واحد ـ لن يكون لنتيجة هذا التحديد مدلول تنبؤي إلا من أجل وضع أحد الجزيئين وعزم الآخر. لأننا، كما أوضحنا في (4)، نستطيع قياس وضع B ويمكن لشخص آخر بعيد عنا قياس عزم A صدفة في نفس اللحظة ـ أو في كل الأحوال قبل أن يطول مفعول تشويش قياسنا لـ B بأي شكل من الأشكال A. ينتج من هذا من دون أي غموض بطلان محاولة بوم إنقاذ فرض هايزنبرغ بإننا نشوش A.

يرد بوم ضمنياً على هذا الاعتراض في دعواه أن مفعول التشويش ينتشر بسرعة أكبر من سرعة الضوء بل لعله آني[16]، وهو فرض يسنده فرض إضافي هو أن هذا المفعول لا يصلح لنقل الإشارات. ولكن ماذا يحصل عندما ينفذ القياسان في آنٍ واحد؟ هل سيبدأ الجزيء الذي تتوجب على الراصد عبر مجهر هايزنبرغ رؤيته بالرقص أمام عينيه، وإذا فعل ذلك أليس هذا إشارة؟ (لا يدخل مفعول التشويش الخاص هذا لبوم مثله مثل «اختزال باقة الأمواج» في هيكلة بوم وإنما في تفسيرها).

(8) ويشكل رد بوم على تجربة ذهنية أخرى لآنشتاين مثلاً شبيهاً بالسابق (يحيي آنشتاين في هذا التجربة انتقاد باولي لنظرية الموجة القائدة (*Pilot Wave Theory*) لدوبروي[17].

يقترح آنشتاين اعتبار «جزيء» لا مجهري (يمكن أن يكون شيئاً كبيراً، كرة بليارد مثلاً) يتحرك بسرعة معينة بين جدارين متوازيين ذهاباً وإياباً ويرتد ارتداداً مرناً عنهما. يبيّن آنشتاين أن هذه النظمة تمثل في نظرية شرودينغر بموجة مستقرة؛ ويبيّن كذلك أن نظرية الموجة القائدة لدوبروي وكذا نظرية بوم المسماة «التفسير السببي للنظرية الكمومية» ستؤديان إلى النتيجة المفارقة (كان باولي أول من أشار إليها) وهي أن سرعة الجزيء (كرة البليارد) تنعدم. أو بعبارة أخرى يقود بناء على [404]

---

(16) قارن مناقشة السرعة التي تتجاوز سرعة الضوء لهايزنبرغ في الفقرة 76 من هذا الكتاب.

(17) انظر ألبرت آنشتاين في: *Scientific Papers Presented to Max Born on his Retirement from the Trait Chair of Natural Philosophy in the University of Edinburgh* (London: Oliver and Boyd, [1953]), pp. 33 ff., especially p. 39.

هذه النظرية قبولنا الأصلي أن الجزيء يتحرك بسرعة مختارة بحرية أياً كانت هذه السرعة إلى استخلاص أن سرعته ستكون مساوية للصفر وأن الجزيء لا يتحرك.

يتقبل بوم هذا الاستخلاص ويرد بما يلي: «إن المثل المدروس من قبل آنشتاين» هو كما يكتب «جزيء يتحرك بحرية بين حائطين عاكسين كلياً وأملسين»[18]. (لا نحتاج هنا إلى توصيف التفاصيل الدقيقة لترتيب هذه التجربة). «والآن فإن الجزيء في حالة السكون في التفسير السببي للنظرية الكمومية» ـ أي في تفسير بوم ـ يكتب بوم هذا ويضيف أننا إذا أردنا رصد الجزيء فعلينا أن نطلق سيرورة (*Trigger*) تضع الجزيء في حالة الحركة[19]. إلا أن هذه الفكرة المتعلقة بالرصد ليست ذات صلة أياً كانت قيمتها الخاصة، والشيء الوحيد ذو الصلة هو أن تفسير بوم يشل الجزيء المتحرك بحرية: وتكافئ حجة بوم الدعوى أنه لا يمكن للجزيء أن يتحرك بين الحائطين طالما يبقى غير مرصود. لأن القبول بأن الجزيء يتحرك على هذا النحو يقود بوم إلى استخلاص كونه في حالة السكون وأنه بحاجة إلى رصد لتحريكه. أقر بوم بهذا المفهول الشال ولكنه بكل بساطة لم يناقشه. ويدعي عوضاً من ذلك أن الجزيء لا يتحرك في حقيقة الأمر ولكن أرصادنا تبيّنه لنا وكأنه يتحرك (ولكن هذا لم يكن النقطة موضوع السؤال)، ويتحول بعدئذٍ إلى إنشاء تجربة ذهنية جديدة تماماً يصف فيها كيف يمكن لرصدنا ـ إشارة الرادار أو الفوتون المستعملين لرصد سرعة الجزيء ـ أن يطلق الحركة المرغوب بها. ولكن أولاً لم يكن هذا هو المشكل وثانياً لم يشرح بوم كيف يمكن للفوتون المنطلق أن يكشف لنا عن الجزيء في حالة سرعته الكلية (وليس في حالة تسارع نحو هذه السرعة). لأن هذا يفترض أن الجزيء (الذي يمكن أن يكون ثقيلاً وسريعاً قدر المستطاع) يصل إلى سرعته الكلية في وقت في غاية القصر بعد تفاعله مع الفوتون المنطلق ويكشفها للراصد. كل هذا فروض أدخلت لهذا الغرض لا يقبلها إلا عدد قليل من معارضي بوم.

إلا أنه يمكننا إتقان تجربة آنشتاين بأن نعمل بجزيئين (بكرتي بليارد) يتحرك [405] أولهما بين الحائط الأيسر ووسط العلبة ذهاباً وإياباً بينما يتحرك الثاني بين الحائط الأيمن ووسط العلبة؛ ويصطدم الجزيئان أحدهما بالآخر اصطداماً مرناً في وسط العلبة. يقود هذا المثل من جديد إلى موجات مستقرة وبالتالي إلى انعدام السرع

---

(18) بوم، في المصدر نفسه، ص 13. (الخط المائل من عندي).

(19) المصدر نفسه، ص 14، انظر أيضاً الهامش الثاني في تلك الصفحة.

بها؛ لا يتغير شيء هنا في صحة انتقاد باولي ـ آنشتاين. ولكن مفعول الإطلاق لبوم يصبح في هذا الوضع الجديد أكثر حراجة. لأنه إذا فرضنا أننا نرصد الجزيء الأيسر بأن نطلق عليه من اليسار فوتوناً، سيخرب ذلك تعادل القوى (بحسب بوم) الذي يبقي الجزيء ساكناً وسيبدأ الجزيء بالحركة ـ ولنسلم أنها من اليسار نحو اليمين. إلا أنه على الرغم من أننا لم نطلق إلا الجزيء الأيسر فإن الأيمن سيبدأ بالحركة آنياً وفي الاتجاه المعاكس. وهكذا فإننا نتطلب من الفيزيائي أكثر مما يستطيع تحمله ليقبل بإمكانية كل هذه السيرورات ـ المفترضة لغرض واحد هو تجنب النتائج المترتبة على انتقاد باولي وآنشتاين.

أعتقد أنه كان من الممكن أن يكون جواب آنشتاين كما يلي:

لقد كانت نظمتنا الفيزيائية في الحالة المدروسة كرة ماكروية كبيرة. ولم تقدم لنا أي حجة لمنعنا من تطبيق نظرية القياس التقليدية المعتادة على مثل هذه الحالات. وهي نظرية تتفق والتجربة على أحسن ما يرام.

ولكن وبغض النظر عن القياس ـ هل يمكن جدياً القول إن كرة نواسة (أو كرتين نواستين في الترتيب المتناظر الموصوف هنا) لا يمكن لها وبكل بساطة أن تنوس عندما لا ترصد؟ أو ـ وهو ما يعود إلى الشيء نفسه ـ هل يمكن جدياً الادعاء بأن الفرض بأن الكرة تتحرك أو تنوس عندما لا تكون تحت الرصد يجب أن يؤدي إلى استخلاص أنها لا تفعل ذلك؟ ثم ما الذي يحدث، بعد أن وضع رصدنا الكرة في حالة الحركة، ولم تعد تضطرب على نحو غير متناظر بحيث ترجع النظمة إلى الاستقرار؟ هل سيتوقف الجزيء عن الحركة بشكل مفاجئ مثلما فعل عندما تحرك؟ وهل ستتحول طاقته إلى طاقة حقل؟ أو هل هذه السيرورة غير عكوسة؟

توضح هذه الأسئلة في نظري، حتى ولو قبلنا أنه من الممكن الإجابة عنها بشكل أو بآخر، مدلول انتقاد باولي ـ آنشتاين وأهمية الاستعمال الانتقادي للتجارب الذهنية وخاصة تجربة آنشتاين، وبودولسكي وروزن. كما أعتقد أنها تشكل مثالاً جيداً على خطر الاستعمال الدفاعي للتجارب الذهنية.

(9) لقد ناقشت حتى الآن مشكلة أزواج الجزيئات التي أدخلت في النقاش من قبل آنشتاين وبودولسكي وروزن. وسألتفت الآن إلى بعض التجارب الذهنية الأقدم بجزيء منفرد. وينتمي إلى هذه الفئة على سبيل المثال مجهر هايزنبرغ الخيالي الشهير الذي يمكن بواسطته «رصد» الالكترونات و«قياس» إما أوضاعها [406] وإما عزومها. قلما أثرت تجربة ذهنية في الفكر الفيزيائي مثل هذه التجربة.

لقد حاول هايزنبرغ مستعيناً بتجربته الذهنية البرهان على طروح مختلفة. أود أن أشير إلى ثلاثة منها: (a) تفسير لعلاقات عدم التحديد لهايزنبرغ التي تعلن بحسب هذا التفسير إلى أن لدقة قياساتنا حدوداً لا يمكن تجاوزها؛ (b) اضطراب الشيء المقيس بسيرورة القياس نفسها سواء أكان هذا القياس قياس أوضاع أو قياس عزوم؛ و(c) استحالة مراقبة «المسار» المكاني-الزماني للجزيء. وفي نظري أن الأسس التي قدمها هايزنبرغ لطروحه لا تقوم على أساس سواء أكانت الطروحات نفسها صحيحة أو باطلة. ذلك أن هايزنبرغ لم ينجح في البرهان على التناظر بين قياس الأوضاع وقياس العزوم؛ وتحديداً التناظر من حيث اضطراب الشيء المقيس بإجراءات القياس. لأن هايزنبرغ يبيّن في واقع الأمر بالاستعانة بتجربته أنه يجب استعمال ضوء ذي تواتر عال لقياس وضع الإلكترون، أي فوتونات عالية الطاقة، وهذا يعني نقل عزم غير معروف إلى الإلكترون وجعله يضطرب، أو إذا صح التعبير صدم الإلكترون بعنف. ولكن هايزنبرغ لا يبيّن وقوع حالة مماثلة عندما نريد قياس العزم بدلاً من قياس الوضع. لأنه يجب علينا في هذه الحالة كما يقول هايزنبرغ رصد الإلكترون بالاستعانة بضوء أقل تواتراً ـ بتواتر ضعيف إلى حد يجعلنا نستبعد اضطراب عزم الإلكترون نتيجة لرصدنا. يزودنا الرصد المنظم على هذا النحو بعزم الالكترون ولكنه لا يزودنا بوضعه الذي يبقى غير محدد.

لننظر الآن بإمعان إلى هذه الفكرة الأخيرة. إنها لا تتضمن الادعاء بأننا شوشنا (أو «خربشنا») وضع الإلكترون. لأن هايزنبرغ يدعي فقط أننا لم نحدد وضع الإلكترون. إن ما يستخلص من حججه أننا لم نشوش النظمة (أو شيئاً قليلاً بحيث يمكننا إهمال الاضطراب): لقد استعملنا فوتونات بطاقات صغيرة إلى حد لا يمكن معها ببساطة إتاحة طاقة كافية لاضطراب الإلكترون. وبهذا فإن الحالتين ـ قياس الوضع وقياس العزم ـ غير متماثلتين إطلاقاً أو غير متناظرتين ضمن الإطار الذي وضعه هايزنبرغ للمحاكمة. لقد حجب هذا الأمر عن الأنظار الحديث المعتاد (الوضعي أو العملياتي أو الأدواتي) عن «نتائج القياس» وعن عدم اليقين فيها المعترف بتناظره بالنسبة للوضع وللعزم. ومع ذلك فقد فرض في مناقشات للتجربة لا حصر لها ـ بدءاً بهايزنبرغ نفسه ـ أن محاكمته قد برهنت على تناظر الاضطرابين (إن [407] التناظر بين الوضع والعزم تناظر تام طبعاً في هيكلة هايزنبرغ ولكن هذا لا يعني أنه مأخوذ بعين الاعتبار في التجربة الذهنية لهايزنبرغ). وهكذا فرض ـ خطأ ـ أننا نشوش وضع الإلكترون عندما نقيس العزم بالاستعانة بمجهر هايزنبرغ وأن «مفعول هذه الخربشة» قد برهن عليه في مناقشة هايزنبرغ لتجربته الذهنية.

لقد اعتمدت تجربتي الذهنية في الفقرة 77 إلى حد كبير على عدم التناظر هذا

في تجربة هايزنبرغ[20]. ولكن تجربتي لا تستقيم تحديداً لأن كل مناقشة هايزنبرغ للقياس لا تستقيم نظراً لعدم التناظر: إن القياسات التي تعتمد على الانتقاء الفيزيائي (كما أسميه) هي الوحيدة التي يمكن أن تؤخذ كأمثلة على صيغ هايزنبرغ. وكما أشرت بحق في الفقرة 76 يجب أن يحقق الانتقاء الفيزيائي على الدوام «علاقات التبعثر» (إن الانتقاء الفيزيائي يشوش فعلاً النظمة).

ومما لا شك فيه أن أمر بقاء عدم صحة حجج هايزنبرغ كل هذه المدة من دون أن يلحظه أحد يعود إلى أن علاقات عدم التحديد تنتج بشكل واضح عن هيكلة النظرية الكمومية (من معادلة الموجة) وهي الهيكلة التي تقر ضمنياً بالتناظر بين الوضع (q) والعزم (p). وهذا ما يفسر لنا أن كثيراً من الفيزيائيين لم يتمعنوا بالقدر الكافي من العناية في تجربة هايزنبرغ الذهنية: لم يحملوها محمل الجد وإنما نظروا إليها كمثل توضيحي لصيغة مشتقة. وأنا أقول أنه مثل سيىء ـ لسبب واحد وهو أنه لم يوضح التناظر بين الوضع والعزم. وبما أنه مثل سيىء فإنه لا يشكل الأساس المناسب بالمرة لتفسير هذه الصيغ ـ ناهيك عن تفسير كل النظرية الكمومية.

(10) إني لعلى يقين بأن تأثير تجربة هايزنبرغ الذهنية الهائل يرجع إلى نجاح هايزنبرغ في تقديم صورة ميتافيزيائية للعالم ـ عبر هذه التجربة ـ وفي رفض الميتافيزياء في ذات الوقت. (ولبى بذلك حاجة غريبة متناقضة تتملك عصر ما بعد العقلانية الذي نعيشه: الرغبة بقتل الأب ـ أي بقتل الميتافيزياء ـ والاحتفاظ به مع ذلك بشكل من الأشكال ووضعه فوق كل انتقاد. وكأن الأب بالنسبة لبعض الفيزيائيين الكموميين هو آنشتاين). تظهر صورة العالم الميتافيزيائية التي توصي بها بشكل ما مناقشة هايزنبرغ لتجربته من دون أن تمثلها بوضوح على النحو التالي: لا [408] يمكن معرفة الشيء في ذاته: يمكننا معرفة مظاهره ليس إلا والتي (كما بيَّن كانط) يجب أن تفهم كحصيلة الشيء في ذاته وجهاز الإدراك عندنا. إن المظاهر هي نتيجة شكل من أشكال التفاعل بين الأشياء في ذاتها وبيننا. ولهذا يمكن للشيء نفسه أن يظهر في مظاهر مختلفة بحسب مختلف طرق إدراكنا له ـ طرق رصده والتفاعل معه. إننا نحاول، إن صح التعبير، أن نمسك بالشيء في ذاته ولكننا لا ننجح البتة: ولا نجد في شركنا سوى مظاهر. يمكننا أن ننصب فخ جزيئات تقليدياً أو فخ أمواج تقليدياً (نقول «تقليدياً» لأننا نبنيه وننصبه كما نبني مصيدة فئران تقليدية)؛ وفي حال انفتاح الفخ والدخول في تفاعل معه سيحث الشيء على قبول الظهور بمظهر الجزيء أو مظهر الموجة. ويوجد تناظر بين شكلي الظهور هذين أو بين طريقتي نصب الفخ

---

(20) قارن الهامش رقم (1*)، الملحق السادس من هذا الكتاب.

للشيء. ويجب علينا إضافة إلى هذا بنصبنا للفخ خلق حافز للشيء يدفعه إلى قبول أحد شكلي مظهره الفيزيائي التقليدي ويجب علينا على وجه الخصوص أن نزود الفخ بطعم طاقي ـ بالطاقة اللازمة لتحقق فيزيائي تقليدي للشيء في ذاته غير المعروف (أو بتعبير آخر لتقمصه). وهكذا تبقى قوانين الانحفاظ قائمة.

هذه هي صورة العالم الميتافيزيائية الموحى بها من قبل هايزنبرغ ومن قبل بور على الأغلب أيضاً.

وأنا من حيث المبدأ لست ضد ميتافزياء من هذا القبيل (وإن كنت لا أجد هذا المزيج الخاص من الوضعية والتعالية جذاباً) إلا أن اعتراضي ينصب على كونها قد قدمت لنا بالاستعانة بالمجاز. وإن ما أحتج عليه هو أن هذا النشر عن غير وعي إلى حد ما للصورة الميتافيزيائية للعالم تترافق بتصريحات معادية للميتافيزياء. لأني أعتقد أنه لا يصح أن تدخل صورة العالم هذه وعينا خلسة وبالتالي بدون انتقاد.

وتجدر الإشارة إلى أن أعمال دافيد بوم في معظمها مستوحاة على ما يبدو من ذات الميتافيزياء؛ إلى حد يجعل من الممكن وصف عمله بأنه محاولة شجاعة لبناء نظرية فيزيائية تشرح وتوضح هذه الميتافيزياء. وهو ما يستحق الإعجاب. إلا أنني أتساءل هل هذه الفكرة الميتافيزيائية جيدة إلى حد يجعلها جديرة بكل هذه الجهود، ذلك أن تجربة هايزنبرغ الذهنية، مصدر كل هذه الأفكار الحدسي، مشكوك بأمرها (كما رأينا) إلى أقصى حد.

يبدو لي أن هناك صلة واضحة للعيان بين «مبدأ التتميم» عند بور وبين هذا المذهب الميتافيزيائي القائل بوجود واقع لا يعرف. يوصينا هذا المذهب «بالتخلي» [409] (وهي كلمة محبوبة عند بور) عن طموحنا إلى العلم وحصر بحثنا في الفيزياء في الظواهر وفي علاقاتها فيما بينها. لا أريد أن أطيل هنا في مناقشة هذه الصلة مكتفياً بمناقشة بعض حجج التتميم المبنيّة هي الأخرى على تجربة ذهنية.

(11) قام بور فيما يخص «مبدأ التتميم» هذا[21] بتحليل عدد كبير من التجارب الذهنية البارعة ذات الطابع الدفاعي. وبما أن صياغة بور لمبدأ التتميم غامضة وصعبة المناقشة فإني سأستعين بكتاب معروف ومتميز في نواح عديدة هو

---

(21) والذي أعالجه بالتفصيل في: Popper, *The Postscript to the Logic of Scientific Discovery*;

انظر أيضاً: Karl Popper, «Three Views Concerning Human Knowledge,» in: H. D. Lewis, ed., *Contemporary British Philosophy: Personal Statements*, Muirhead Library of Philosophy (London: Allen and Unwin, 1956), vol. 3.

وهو الآن في كتابي: *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, 1963, and 1965.

النظرية الكمومية الواضحة لـ ب. جوردان (وبالمناسبة فالكتاب يناقش باختصار كتابي **منطق البحث**)[22].

يصوغ جوردان مضمون (أو على الأصح جزءاً من مضمون) مبدأ التتميم بحيث يرتبط ارتباطاً قوياً بمشكلة ثنوية الجزيء والموجة. ويعبر عن ذلك على النحو التالي: «إن أي تجربة تظهر في وقت واحد خواص موجية وخواص جسيمية للضوء لن تكون متعارضة مع النظريات التقليدية وحدها (وقد اعتدنا على تناقض من هذا القبيل) ولكنها إضافة إلى ذلك وفوق ذلك ستكون خلافية منطقياً ورياضياً»[23].

ويعطي جوردان كمثل على هذا المبدأ تجربة الشقين الشهيرة[24] «يسقط ضوء وحيد اللون آتٍ من منبع ضوئي على شاشة سوداء بفتحتين متجاورتين ومتوازيتين؛ ويسقط الضوء المار عبر الشقين على لوحة تصوير تقع خلف الشاشة. لنفرض من جهة أن الفتحتين والمسافة الفاصلة بينهما صغيرة (بالنسبة إلى طول الموجة) إلى حد يسمح بوقوع تداخل بين طاقات الضوء الآتية من الفتحتين تسجله لوحة التصوير؛ ولنفرض من جهة ثانية أنه يمكننا بطريقة تجريبية ما تحديد الفتحة التي مر منها كل كم ضوء (فوتون)؟»[25].

ويدعي جوردان «وواضح للعيان أن هذين الفرضين يتضمنان تناقضاً»[26].

[410] لا أريد إنكار ذلك، رغم أن التناقض لا يشكل خلافية منطقية ورياضية (كما يقول جوردان في أحد المقتطفات أعلاه). ولكن الفرضين معاً قد يعارضان بالأحرى على الأكثر هيكلة النظرية الكمومية. إلا أني أنكر على جوردان أطروحة أخرى. فهو يستعمل هذه التجربة لتوضيح صياغته لمبدأ التتميم. ولكنه يتبيّن أن التجربة التي نفترض فيها توضيح المبدأ هي التي تدحضه تحديداً.

لأننا إذا نظرنا إلى وصف جوردان لتجربة الفتحتين وحذفنا منه في البداية فرضه الأخير، البادئ بـ «من جهة ثانية»، فسنحصل على ظواهر التداخل على لوحة التصوير. أي أن هذا هو التجربة التي تبرهن على «الخواص الموجية للضوء». لنقبل الآن أن شدة الضوء ضعيفة إلى حد يظهر معه بوضوح موضع وصول مختلف

---

(22) Pascual Jordan, *Anschauliche Quantentheorie: Eine Einführung in die Moderne Auffassung der Quantenerscheinungen* (Berlin: J. Springer, 1936), p. 282.

(23) المصدر نفسه، ص 115.

(24) انظر الملحق الخامس من هذا الكتاب.

(25) Jordan, Ibid., pp. 115f.

(26) المصدر نفسه، ص 116.

الفوتونات أو بتعبير آخر ضعيفة إلى حد بحيث يمكن تحليل أهداب التداخل كنتيجة لتوزيع كثافة الفوتونات المنفردة الواردة. وسيكون لدينا عندئذٍ تجربة تظهر في نفس الوقت الخواص الموجية والخواص الجسيمية للضوء ـ على الأقل بعض هذه الخواص. أي أنها تفعل تحديداً ما يجب أن يكون بحسب جوردان «خلافية منطقية رياضية».

وفي الحقيقة إذا استطعنا إضافة إلى ذلك تعيين الشق الذي مر منه فوتون محدد فيمكننا عندئذٍ تحديد مساره، وقد نستطيع القول أن هذه التجربة (المستحيلة على أغلب الظن) قد أظهرت الخواص الجسيمية للفوتون على نحو أقوى. أقر بهذا كله ولكنه غير ذي صلة إطلاقاً. لأن مبدأ جوردان لا يدَّعي أن بعض التجارب التي قد تبدو ممكنة في البداية تظهر استحالتها بعد ذلك ـ وهذه غثاثة ـ ولكنه يدَّعي أنه لا توجد أي تجربة «تظهر في وقت واحد خواص موجية وخواص جسيمية»، وهذه الدعوى باطلة بكل بساطة كما بيّنا: إنها مدحوضة من قبل كل تجارب الميكانيك الكمومي النموذجية تقريباً.

ولكن ماذا كان يريد جوردان القول تحديداً؟ لعله القول بعدم وجود أي تجربة تظهر كل الخواص الموجية وكل الخواص الجزيئية للضوء؟ وواضح أنه يستحيل أن يكون قد قصد ذلك لأن التجربة التي تظهر في وقت واحد كل الخواص الموجية، مستحيلة ـ حتى ولو تخلينا عن إظهار الخواص الجزيئية ـ (ويصح الأمر ذاته إذا عكسنا الآية).

إن أكثر ما يقلق في محاكمة جوردان هو اعتباطيتها. يستخلص بوضوح مما قيل أعلاه أنه لا بد من وجود بعض الخواص الموجية وبعض الخواص الجزيئية التي لا تستطيع أي تجربة جمعها معاً. عمم هذا الواقع في البدء من قبل جوردان وصيغ على شكل مبدأ (دحضناه في الصيغة التي وضعها جوردان له على الأقل) [411] ومن ثم وضح المبدأ بتجربة ذهنية يبين جوردان استحالتها. إلا أن هذا الجزء من التجربة الذي يقر الجميع بإمكانية القيام به يدحض في واقع الأمر المبدأ كما رأينا، أو على الأقل في صياغة جوردان له.

ولكن دعنا الآن ننظر بإمعان في النصف الثاني من التجربة الذهنية المبتدئ بـ «ومن جهة ثانية». عندما نقوم بترتيب تجريبي معين يمكننا من تعيين الشق الذي مر منه الجزيء فإننا ـ كما يدعى ـ نخرب أهداب التداخل. حسناً. ولكننا هل نخرب بذلك الخواص؟ لنأخذ أبسط ترتيب ولنغلق أحد الشقين. عندما نفعل ذلك فإن سمات عديدة للطابع الموجي للضوء تبقى قائمة. (نحصل على توزيع ذي طابع

موجي حتى ولو بشق واحد). إلا أن معارضينا يقرون الآن بأن الخواص الجزيئية قد ظهرت بكل جلاء لأننا نستطيع رسم «مسار» للجسيم على الفور.

(12) إن كل هذه الطروحات والحجج غير مقبولة من وجهة النظر العقلانية. ولا شك في أن فكرة حدسية مشوقة تقف وراء مبدأ التتميم لبور. إلا أنه لم يتسن إلى اليوم لا لبور ولا لأحد من المنتمين إلى مدرسته تقديم الشروح العقلانية لهذا المبدأ ولم يتمكنوا من فعل ذلك حتى أمام المنتقدين من أمثال آنشتاين الذين بذلوا جهوداً كبيرة ولسنين عديدة لفهم هذا المبدأ[27].

(13) إضافة (1968). توجد أرائي الحالية حول النظرية الكمومية (ومعها ثبت قصير للمراجع) في عملي "Quantum Mechanics without 'the Observer'," in: Mario Bunge, ed., *Quantum Theory and Reality*, Studies in the Foundations, Methodology and Philosophy of Science; 2 (Berlin: Springer, 1967).

يتفق هذا العمل من حيث الأساس مع الفصل التاسع في هذا الكتاب لعام (1934). وقد حلت مشكلة اختزال باقة الأمواج على وجه الخصوص تماماً كما فعلنا في الصفحة 258 أعلاه. أما ما تغير فهو استبدال الاحتمالات «الصورية» الصفحة 258 والفقرة 71 بتفسير النزوع: يبيّن أن النزوعات أو الاتجاهات نحو التحقق هي مدركات فيزيائية واقعية مثلها مثل القوى أو حقول القوى.

(27) قارن: Schilpp, ed., *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, p. 674.

